



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

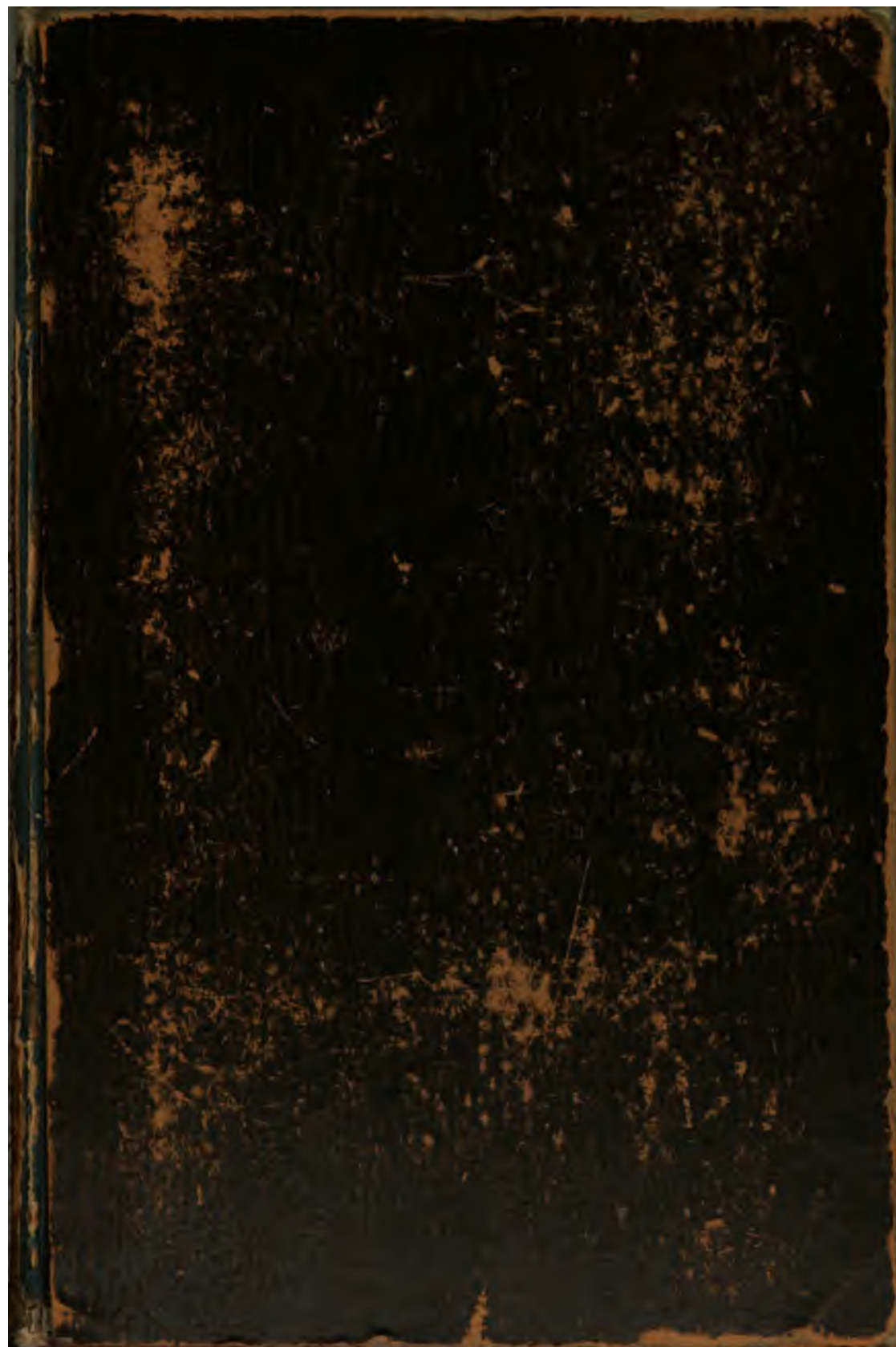
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Physics
250

op.



1/2



ENG
QC7

P7

C.3

T.140

Q.22

ENGINEERING LIBRARY

5
P

5
p

GESCHICHTE
DER
P H Y S I K.
VON
J. C. POGGENDORFF.

GESCHICHTE
DER
P H Y S I K.

VORLESUNGEN
GEHALTEN AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN

VON
J. C. POGGENDORFF.

MIT VIERZIG HOLZSCHNITTEN.



LEIPZIG, 1879.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIVS BARTH.

Vorwort.

Der verewigte Poggendorff hat viele Jahre hindurch an der Berliner Universität Vorlesungen über die Geschichte der Physik gehalten, deren Veröffentlichung oft gewünscht und auch bei ihm beantragt wurde. Er pflegte jedoch darauf zu erwiedern, dass es ihm an Zeit fehle seine Aufzeichnungen so zu vervollständigen und kritisch zu sichten, wie es seiner Meinung nach für den Druck erforderlich sei. Andererseits aber war er unablässig bemüht, seine Ausarbeitung zu den Vorträgen aus allen ihm zugehenden Quellen zu ergänzen, und jeden Fortschritt sowie jedes Verdienst zur gebührenden Anerkennung zu bringen.

Das von ihm hinterlassene Manuskript enthält die Geschichte der Physik von ihren ersten Anfängen bis zum Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts, und behandelt besonders eingehend die wichtige Periode seit Kopernikus, in welcher der feste Grund gelegt wurde, auf welchem unsere heutige Naturlehre erbaut ist. Das reiche Material, welches mit großer Sachkenntnis in dieser Schrift verworthen ist, läßt annehmen, daß dieselbe bei allen Freunden und Förderern der in Rede stehenden Wissenschaft eine wohlwollende Aufnahme finden, und sich dadurch ihre

Herausgabe auch in dem vorliegenden Umfang rechtfertigen werde. Es sind bei derselben sowohl Inhalt wie Anordnung des Manuskripts im Wesentlichen unverändert gelassen, auch der Wortlaut ist soweit beibehalten, als es die Einfügung der Zusätze nur irgend zuließ, welche der Verfasser im Lauf der Jahre nachzutragen für zweckmäßig befunden hatte. Es kam hauptsächlich darauf an nur Poggen-dorff's Arbeit zu geben, und den Geist seiner Geschichtsschreibung, sowie die Form seines klaren und ansprechenden Vortrags, dem Werke treu zu bewahren.

Das ausführliche Register am Schluß wird die schnelle Auffindung der besprochenen Namen und Thatsachen erleichtern.

Berlin im Nov. 1878.

W. Barentin.

Inhalts-Uebersicht.

	Seite
Einleitung	1
Erster Zeitraum.	
Leistungen der Alten	8
Zweiter Zeitraum.	
I. Arabische Periode	56
II. Europäische Periode	80
Universitäten 81. Schießpulver 86.	
Vierzehntes Jahrhundert	96
Kompaß 98.	
Funfzehntes Jahrhundert	112
Leonardo da Vinci 113. Nikolaus de Cusa 114.	
Sechszehntes Jahrhundert	119
Kopernikus 137. Tycho 148. Keppler 153.	
Dritter Zeitraum.	
I. Italienische Periode	204
Galilei 204. Accademia del Cimento 350.	
II. Newton'sche Periode	417
Royal Society 457. Pariser Akademie 460.	
Sternwarten 464. Dampfmaschinen 525.	
Hooke 558. Huyghens 589. Newton 657.	
Gestalt der Erde	623. 754
Akustik	792
Elektricität	828

Einleitung.

Indem wir beabsichtigen die Geschichte der Physik durchzugehen, haben wir uns damit die Aufgabe gestellt, den Ursprung und Fortgang einer langen Reihe glänzender Eroberungen zu verfolgen, welche der Mensch, nicht mit der Schneide des Schwertes, sondern in geräuschloser Stille mit den Waffen des Geistes auf einem der reichsten und wichtigsten Gebiete der objektiven Natur zu machen gewußt hat.

Gewiß ist dies eine schöne und lohnende Aufgabe, — befriedigender in mancher Hinsicht als das so oft nur trübe Gefühle erweckende Geschäft, die wirren Schicksale der Staaten und Völker zu schildern.

Aber sie ist andererseits auch keine ganz leichte. Ohne hier alle die Schwierigkeiten aufzuzählen, die sie mit sich führt, wenn sie den Anforderungen einer strengen Kritik genügen soll, will ich nur eine hervorheben, die sich schon bei einer oberflächlichen Betrachtung bemerklich macht.

Wer die Wissenschaft lehren oder lernen will, faßt nur den gegenwärtigen Zustand derselben auf. Er greift nach den reifen Früchten, und kümmert sich wenig darum, wie und wo sie gewachsen sind.

In der Geschichte dagegen ist's gerade umgekehrt. Man will den Baum bis zur Wurzel verfolgen, will seinen ganzen Lebenslauf kennen, vom ersten schwachen Keime an, bis zur tausendästigen Krone, mit welcher er gegen-

wärtig prangt. Ja man will noch mehr! — Nicht bloß den Baum in seinem Wachsthum will man geschildert sehen, sondern auch die lange Reihe von Gärtnern, die ihn gehegt und gepflegt, oder auch wohl in seiner Ausbildung gestört haben.

Das Alles ist in häufiger Ermangelung authentischer Dokumente, neben einer großen Masse von unzuverlässigem Material, eine schwer zu befriedigende Forderung. Nicht immer, ja man kann wohl sagen ziemlich selten, haben uns die Entdecker und Erfinder gesagt, wie sie zu ihrer Entdeckung oder Erfindung gekommen sind. Und wenn sie es thaten, ist man häufig auch noch nicht sicher, die Entstehung des Gedankens ganz wahrheitsgetreu dargestellt zu sehen. Die Verführung ist gar groß, das für das Resultat eines tiefen Nachdenkens auszugeben, was in Wahrheit vielleicht bloß das Werk des Zufalls oder eines einzigen glücklichen Einfalls war, und erst auf großen Umwegen eine nützliche Gestalt erhielt.

Aus diesen und anderen Gründen ist die Aufgabe des Historikers eine sehr schwierige, und mindestens eine viel umfangreichere als die des Lehrers der Wissenschaft, und wenn sich dieser schon genöthigt sieht, aus der Fülle des Stoffs nur das Wichtigere hervorzuheben oder sich auf gewisse Abschnitte zu beschränken, so unterliegt das Geschäft des ersteren einer gleichen Nothwendigkeit, um so mehr, wenn die Zeit zu demselben eine abgesteckte ist.

Aus diesem Grunde sehe denn auch ich mich genöthigt, für den gegenwärtigen Vortrag gewisse Gränzen zu ziehen, und statt damit die ganze Geschichte unserer Wissenschaft gleichmäßig umfassen zu wollen, — was doch nur in einem dürftigen Abriss geschehen könnte — mich lieber auf gewisse Abschnitte und Gegenstände zu concentriren, die ältere Zeit nur cursorisch zu behandeln, und dafür die neuere mit ihren reichen und mannichfaltigen Ergebnissen in größser Ausführlichkeit vor Augen zu legen.

Werfen wir demnach zuvörderst einen Blick auf den allgemeinen Verlauf der Physik, um so näher zu bezeich-

nen, von wo ab wir ihre Erweiterungen in größerer Ausführlichkeit verfolgen wollen.

Unsere Wissenschaft hat ein hohes Alter, denn ihre ersten ungewissen Anfänge verlieren sich im Dunkel der Urzeit. Von dort ist ihre Entwicklung im Ganzen genommen dem allgemeinen Gange der Civilisation des Menschengeschlechts gefolgt, so daß sich in ihren Schicksalen gleichsam die Kulturstufen der verschiedenen Zeiten und Völker widerspiegeln, und ihre Zustände nicht mit Unrecht als ein Maßstab für diese zu betrachten sind.

Die Physik ist eine Frucht der allgemeinen Civilisation, aber auch durch ihre Anwendungen zugleich ein mächtiger Hebel zur Förderung derselben, und eben durch diese Wechselseitigkeit, die sie innig mit dem Leben verknüpft, sehen wir ihre Ausbildung immer Hand in Hand gehen mit der Vervollkommnung des socialen Zustandes, sehen sie auch wohl auf längere oder kürzere Zeit gehemmt oder mißleitet, im Ganzen aber doch stets vorschreiten, — wie die Pfade der Menschheit im Großen — so unaufhaltsam in unseren Tagen, daß wohl kein Sterblicher wagen dürfte, das endliche Ziel dieses rastlosen Strebens angeben zu wollen.

Näher betrachtet lassen sich in diesem wellenartig vorschreitenden Entwicklungsgang unserer Wissenschaft vier groÙe Zeiträume unterscheiden, welche die verschiedenen Stufen der Natur-Erkenntniß ziemlich treu repräsentiren

1. der alterthümliche,
2. der mittelalterliche,
3. der fortschrittliche,
4. der neuzeitliche.

Schreiten wir jetzt dazu, die Gränzen dieser Zeiträume näher zu bezeichnen.

I. Der erste dieser Zeiträume beginnt mit jener entlegenen Zeit, wo der Mensch überhaupt anfang auf die Erscheinungen in der äusseren Natur zu achten, und über die Ursachen derselben nachzudenken. — Und er reicht

hinab bis in die Zeit der Völkerwanderung oder, genauer gesprochen, bis zum Einfall der Araber in Aegypten.

Dieser Zeitraum umfaßt die Leistungen der Alten, namentlich der Griechen, bis zur Eroberung von Alexandrien durch die Araber im J. 640, womit die hohe Schule daselbst, die letzte Blüthe griechischer Gelehrsamkeit, ihren Untergang fand.

Eben darum kann man diesen Zeitraum mit Recht den alterthümlichen oder griechischen nennen.

II. Der zweite Zeitraum beginnt mit dem Volk, welches den ersten gewaltsam abschloß, — mit den Arabern.

Die Araber spielen in der Geschichte der Physik, wie in der Geschichte mancher anderen Wissenschaft, eine große Rolle, weniger dadurch, daß sie selbst viel zur Erweiterung der physikalischen Wissenschaften beigetragen hätten, als vielmehr dadurch, daß sie sich zu Konservatoren der Ueberreste griechischer Weisheit machten, und so im Verein mit den später aus dem Orient fliehenden Griechen Veranlassung gaben, daß nach und nach in dem zur Civilisation zurückkehrenden Abendlande auch der Sinn für Naturforschung wieder zu erwachen begann.

Dieser zweite Zeitraum läßt sich ganz füglich in zwei kleinere Perioden zerfallen, die sowohl ihrem Geiste als ihrem Gehalte nach wesentlich verschieden sind.

A. Die erste von ihnen ist eine rein arabische. In ihr entwickeln die Araber von der Mitte des VIII. bis zur Mitte des XI. Jahrhunderts, also etwa drei Jahrhunderte lang, jene wunderbare Thätigkeit, die sowohl in der Geschichte dieses Volks, als speciell in der Geschichte der Physik gleichsam oasenförmig auftritt, indem sie rück- und vorwärts durch eine lange Reihe von Jahren der Barbarei und Leere eingefafst wird. Kein anderes Volk bietet das Schauspiel dar, daß es aus dem Nomadenthum in verhältnißmäßig kurzer Zeit sich zu einer gewissen Civilisation emporschwang, um dann wieder in das Nomadenleben zurückzusinken, in welchem es noch jetzt verharret.

B. Fast anderthalb Jahrhunderte später bricht im christlichen Europa die Epoche herein, von der man auf bestimmtere Weise das Wiederaufleben der Wissenschaften, und speciell das der Physik datiren kann.

Es ist die Gründung der aus den Klosterschulen hervorgegangenen Universitäten zu Anfange des XIII. Jahrhunderts.

Mit ihr beginnt die zweite Hälfte des zweiten Zeitraums, und sie reicht hinab bis zu Ende des XVI. Jahrhunderts.

Der ganze, in dieser Ausdehnung, nahe 1000jährige Zeitraum ist charakterisirt durch Mangel an Produktivität.

Die Mehrzahl derer, welche den Naturwissenschaften obliegen, bleibt befangen im Erlernen, Aneignen und selbst blinden Nachbeten des von den Alten Ueberlieferten. — Man studirt die Natur nicht an ihr selbst, sondern nur aus Büchern. Erst in der zweiten Hälfte zeigen sich vereinzelte Keime einer besseren Richtung, vereinzelte Beispiele eigener Forschung, namentlich im Gebiete der Mathematik und Astronomie.

Dieser zweite Zeitraum kann füglich der mittelalterliche genannt werden.

III. Der dritte Zeitraum folgt ohne bedeutende Lücken auf den zweiten, und sein Anfang fällt in die Periode, wo überhaupt auf allen Gebieten der menschlichen Thätigkeit ein Drang zum Fortschreiten sich entwickelte, und neue Ideen sich Bahn brachen.

Will man diesen Zeitraum nicht gerade mit Kopernikus beginnen, obwohl er das erste erfolgreiche Beispiel einer selbstständigen Forschung aufstellte, weil diese Forschung nicht gerade dem Gebiet der engeren Physik angehört, so ist doch anzuheben mit Galilei, mit jenem merkwürdigen Mann, der, wenn überhaupt ein Einzelner in einer so umfangreichen und weitverzweigten Wissenschaft wie die Physik auf den Namen des Begründers Anspruch machen darf, dazu das vollste Recht haben würde.

Mit ihm und wesentlich durch ihn beginnt die ächte Naturforschung, die Forschung an der Hand des Experimentes und der mathematischen Analyse, welche, zunächst auf die mechanischen und optischen Zweige der Wissenschaft angewandt, diese in relativ kurzer Zeit zu einer Höhe bringt, welche in Huyghens und Newton ihren Gipfelpunkt erreicht.

Auch in diesem Zeitraum lassen sich zwei bestimmt markirte Perioden unterscheiden.

Die erste beginnt gegen Ende des XVI. und geht bis an's zweite Drittel des XVII. Jahrhunderts, der Zeit des sichtlichen Verfalls der Wissenschaft in Italien. Man kann diese Periode nicht mit Unrecht die italiänische nennen, da sie in überwiegendem Mafse, wiewohl nicht ausschliesslich, durch die Leistungen Galilei's und seiner Schüler ausgefüllt wird.

An sie schließt sich unmittelbar die zweite, worin die übrigen Nationen Europa's anfangen regeren Antheil an der Fortbildung der Physik zu nehmen, namentlich die Engländer und Franzosen, die von nun an den Italiänern das Scepter der Wissenschaft entreißen, und lange Zeit fast unumschränkt in Händen tragen.

Die Stiftung der Königlichen Gesellschaft zu London 1662, und die der Akademie der Wissenschaften zu Paris 1666 können als bestimmte Momente des Anfangs dieser Periode angesehen werden.

Der ganze Zeitraum umfaßt etwa 150 Jahre, reicht bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts, wo nach und nach der dominirende Einfluss der Newton'schen Schule zu sinken beginnt.

Der vierte und letzte Zeitraum, der bis auf unsere Tage hinabreicht, nimmt seinen unscheinbaren Anfang kurz nach dem Schluß des dritten, ohne zunächst durch einen großen Namen oder durch eine bedeutende Entdeckung bezeichnet zu sein.

Allein im Laufe weniger Decennien tritt seine Richtung und sein Charakter sehr deutlich hervor. Wenn bis

dahin im Ganzen nur die von den Alten gegründeten Lehren (Mechanik und Optik) weiter ausgebildet und ihrer Vollkommenheit entgegen geführt wurden, — so dass man in gewisser Beziehung nicht Unrecht hätte, Newton als den Schlussstein der alten Physik anzusehen — so werden nun allmählich ganz neue Gebiete aufgeschlossen, die Gebiete der Elektrizität, des Magnetismus und der Chemie, und es wird dadurch der Wissenschaft ein Reichthum von Thatsachen und Erscheinungen zugeführt, welche ihr, nach den verschiedensten Richtungen hin verfolgt, einen früher gar nicht geahnten Umfang und eine völlig neue Gestalt verleihen.

Erster Zeitraum.

Leistungen der Alten.

1. Wenn von den Leistungen der Alten im Gebiet der physikalischen Wissenschaften gesprochen werden soll, so kommen vorzugsweise und fast ausschließlich die Griechen in Betracht. Die Römer traten nur sehr vereinzelt und mit geringem Erfolg in ihre Fußstapfen, und was die älteren Völkerschaften betrifft, die Aegypter, Chaldäer und Inder, von denen die Griechen ohne Zweifel die ersten Rudimente ihrer astronomischen Kenntnisse empfangen, so ist uns mit Ausnahme dieser Kenntnisse von ihrem übrigen physikalischen Wissen nichts bekannt. Beobachtungen und Erfahrungen, die wir heutigen Tags dem Gebiet der Physik und Chemie einreihen, haben sie ohne Zweifel gemacht und zu den Zwecken des Lebens verwandt, — wie es noch gegenwärtig bei weit roheren Völkern der Fall ist — aber von einem Erkennen der Thatsachen, von einem Nachdenken über die Ursachen der Erscheinungen zum Behuf der Erklärung derselben, einem Streben, worin grade der Geist des physikalischen Forschens besteht, davon ist uns nichts von ihnen überliefert.

Es ist bemerkenswerth, daß uns von diesen Völkern auch nicht eine einzige Beobachtung, Entdeckung oder ein sonstiger Fortschritt in der physikalischen Naturforschung bekannt ist, der mit historischer Gewißheit an ein bestimmtes Individuum geknüpft wäre; alles verliert sich bei ihnen in dem Dunkel der Vorzeit und höchstens sind es mythische Personen, Götter oder Heroen, die darin

als Urheber wichtiger Entdeckungen oder Erfindungen bezeichnet werden. Bestimmte Namen, historische Personen treten in der Geschichte der physikalischen Wissenschaften erst bei den Griechen auf, und merkwürdig genug sind es bis zum Anfang unserer Zeitrechnung nur Griechen, die darin mit Auszeichnung genannt werden können, — im Laufe von 600 Jahren etwa 30 an der Zahl, was allerdings nach heutigem Maßstabe nicht viel ist.

Außerdem finden wir noch im fernen Osten ein Volk, die Chinesen, das sich mannichfacher physikalischer Kenntnisse rühmen darf, und zwar rühmen darf dieselben zum Theil früher besessen zu haben als die Völker des Occidents. Indefs bildeten die Chinesen durch ihre Abgeschlossenheit auf viele Jahrhunderte eine Welt für sich; erst lange nach dem Untergange der klassischen Civilisation im Mittelalter sind ihre Kenntnisse zu den abendländischen Völkern vorgedrungen, zum Theil als diese schon angefangen hatten, sie in einzelnen Dingen zu berholen. Die Chinesen können demnach in diesem Zeitraum mit vollem Recht übergangen werden.

Was nun die Griechen betrifft, so können wir nicht dankbar genug die Leistungen derselben anerkennen. Sie haben die Bahn gebrochen, ein Feuer angezündet, das zwar allmählich erlosch und Jahrhunderte lang nur unter der Asche fortglmmte, das aber dennoch dazu diente im Mittelalter die Geister wieder zu beleben und zu erwärmen. Es ist außer Frage, daß das Studium der Schriften der Alten den ersten Impuls zur neueren Naturforschung gegeben hat.

Dies Bekenntniß darf uns aber nicht verleiten ihre großen Fehler und Irrthümer zu übersehen und zu beschönigen. Wir haben das Wort Physik von den Griechen übernommen, aber ihre Physik war doch wesentlich eine andere als die unsrige. Die Physik der alten Griechen, — abgesehen davon, daß sie andere Gränzen und einen geringeren Inhalt als die heutige besaß — unterscheidet sich besonders durch die Methode des Forschens von dieser.

Sie beruhte zum Theil, und zwar zum kleineren Theil auf Beobachtungen, zum größeren auf Spekulationen.

Im Beobachten, besonders der Erscheinungen in freier Natur, waren sie Meister. Hätten sie bei diesem scharfen Beobachtungsgeist die Mittel gekannt den Sinnen zu Hülfe zu kommen, wären ihnen Fernrohr, Mikroskop, Kompaß, Chronometer, Thermo- und Barometer, kurz die feineren Meßwerkzeuge bekannt gewesen, so würden sie ohne Zweifel bedeutendes geleistet haben. Besonders aber litt ihre Physik an dem großen Mangel, daß ihr das Experiment, dieser tausendfältige Hebel der neueren Naturforschung, so gut wie gänzlich unbekannt war. Mit dem Experimentiren hebt eigentlich die aktive selbstständige Naturforschung erst an; beim bloßen Beobachten sind wir wie passiv auf das beschränkt, was uns die Natur gleichsam zufällig darbietet, wir nehmen nur hin, was sie uns unaufgefordert mittheilt. Beim Experimentiren dagegen stellen wir selbst die Fragen, und wiederholen, verändern, steigern dieselben solange, bis wir endlich eine befriedigende Antwort erhalten haben.

Die Unbekanntschaft der Alten mit der Kunst des Experimentirens, oder die geringe Ausbildung, welche sie bei ihnen erfuhr, ist einer der Gründe, weshalb ihre Physik so sehr zurückblieb. Ein anderer ebenso einflußreicher Grund lag in dem vorwaltenden Hange zur spekulativen Richtung. Befangen in dem radikalen Irrthum, daß einige wenige Beobachtungen, noch dazu bloß mit den Sinnen angestellt, hinreichend seien Alles erklärende Theorien darauf zu erbauen, überließen sie sich den ausgelassensten Spekulationen, und vernachlässigten den Weg der Erfahrung oft absichtlich. Es ist nicht zu läugnen, daß sie dabei gar oft Proben ihres großen Scharfsinns abgelegt haben, auch in Gebieten, die außerhalb der Erfahrung liegen, wie das der Mathematik, bedeutendes zu Tage förderten; aber was die Naturforschung betrifft, so haben sie uns den vollgültigen Beweis geliefert, daß eine Spekulation, die nicht durch die Erfahrung gestützt, geregelt

und gezügelt wird, die unfruchtbarste aller Beschäftigungen ist.

Man hat zwar oft gesagt, daß in den Natur-Philosophemen der alten Griechen viel Wahrheit enthalten sei; allein man vergißt dabei, daß die Alten innerhalb eines gewissen Kreises alles mögliche behauptet haben, und daß die Richtigkeit der einen oder andern Behauptung nicht aus der Behauptung selbst hervorgegangen, sondern später durch Beobachtungen und Versuche anderer bewiesen worden ist. Es gilt dies namentlich von vielen ihrer Philosophemen über das Weltgebäude.

Wenn man davon absieht, so kann man freilich den Alten manches vindiciren; und wirklich hat es Männer gegeben, die solches in allem Ernst beabsichtigten. So hat der Franzose *Dutens* in seinem Werke *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes*, Paris 1766 darzuthun gesucht, daß alle bis dahin von den Neueren gemachten Entdeckungen schon bei den Alten vorzufinden seien. Wohl zu merken ist indeß, daß während *Dutens* in dem Nachweise bekannter Thatsachen bei den Alten so überaus glücklich erscheint, er doch nicht eine einzige neue zu seiner Zeit noch unbekannte bei ihnen aufzufinden weiß, wie wenn die Alten genau soviel gewußt hätten und nicht mehr als die neueren Physiker im J. 1766. Es ist *Dutens* ergangen wie dem bekannten Theosophen *Swedenborg*, der bei seinem angeblichen Verkehr mit den Geistern jener Welt sich von diesen höheren Wesen grade nur soviel an Naturgeheimnissen offenbaren läßt, als zu der Zeit jeder andere Erdensohn ebenfalls wissen konnte.

Nach diesen Betrachtungen wollen wir uns nun zu demjenigen wenden, was den Alten wirklich als ein Verdienst um die Begründung der Physik angerechnet werden muß. Ich will dabei absehen von ihren Hypothesen über die innere Beschaffenheit der Körper, von der Atomlehre, die, wie es scheint, von *Anaxagoras* begründet, dann von *Demokrit* und *Leucipp* unterhalten und endlich von *Epikur* weiter ausgebildet ward. Hypothesen dieser Art stellen

sich beim Forschen über die Natur der Dinge mit einer gewissen Nothwendigkeit dar, und sie haben zu allen Zeiten bis auf den heutigen Tag Vertheidiger und Anhänger gefunden. Es würde mich indeß zu weit führen, wollte ich erörtern, in wiefern sie unumgänglich seien und was durch sie gewonnen werde. Ich will sie daher jetzt nur im Vorbeigehen anführen, und mich für's Erste zur Experimentalphysik wenden.

In der eigentlichen Physik sind es nur die Mechanik und die Optik, welche die Alten mit Erfolg kultivirt haben; über Wärme, Elektrizität und Magnetismus, über akustische Gegenstände haben wir nur ein Paar vereinzelte Beobachtungen von ihnen. Ausgebildeter bei ihnen war die Kenntniß meteorologischer und physikalisch-geographischer Erscheinungen, wenngleich sie häufig den Zusammenhang derselben nicht erkannten. Am meisten Verdienst erwarben sie sich aber unstreitig um die Astronomie, die sie durch sorgfältige und vieljährige Beobachtungen wahrhaft bereicherten.

Mechanik.

2. Die mechanischen Kenntnisse der Alten sind nur geringfügig und offenbar von Maschinen entlehnt, die sie, wenn auch nur unvollkommen, sehr frühzeitig besaßen, und zum Theil von den Aegyptern entlehnten.

Von Archytas aus Tarent, einem Pythagoräer und Zeitgenossen von Plato, 400 v. Chr., wird angegeben, er habe die Rolle und die Schraube erfunden¹⁾. Auch soll derselbe den ersten Automaten, eine fliegende Taube, verfertigt haben, womit es sich indeß verhalten mag, wie mit dem Adler, der angeblich dem Kaiser Maximilian I. bei seinem Einzug in Nürnberg 1489 entgegenflog und vom Astronomen Regiomontan angefertigt wurde. Es war dies weiter nichts als die Figur eines Adlers, der die ausgebreiteten Flügel bewegen konnte.

¹⁾ Young, A course of lectures on nat. philosophy and the mechanical arts I, 239.

Das Wichtigste in der Mechanik hat unstreitig der auch um die Geometrie so hoch verdiente **Archimedes** geleistet, geb. 287 v. Chr. zu Syrakus, gest. 212 daselbst bei Eroberung der Stadt durch den römischen Feldherrn **Marcellus**. **Archimedes** kann unbedenklich als der Gründer der Statik und Hydrostatik angesehen werden, denn ihm verdanken wir zwei Fundamentalsätze dieser Wissenschaft:

1) Dafs an einem ungleicharmigen Hebel, wenn Gleichgewicht vorhanden sein soll, die Gewichte sich umgekehrt verhalten müssen wie die Länge der Arme, an denen sie hängen.

Er sah ein, dafs sich auf diese Weise die größten Lasten müssen bewegen lassen, was ihn zu dem bekannten Ausspruch veranlafste: Gebt mir wo ich stehen kann, und ich will die Erde aus ihren Angeln heben. — Dieser Satz führte ihn übrigens auch auf die wichtige Lehre vom Schwerpunkt, dessen Auffindung er auch für einige einzelne Fälle kennen lehrte.

2) Dafs ein Körper bei Eintauchung in Wasser soviel an Gewicht verliert, als das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers beträgt.

Archimedes soll diesen Satz beim Baden aufgefunden haben, als er darüber nachdachte, wie der in der goldenen Krone des Königs **Hiero** vermuthete Silbergehalt ohne Beschädigung derselben zu entdecken sei. Es hatte nämlich nach **Vitruv's** Erzählung der König **Hiero** von Syrakus sich eine goldene Krone anfertigen lassen, die ihm von geringerem Golde zu sein schien, als bestellt war, und in Folge dessen **Archimedes** den Auftrag ertheilt zu untersuchen, ob der Verdacht gegründet sei. Wie es sich hiermit auch verhalten haben mag, **Archimedes** machte diesen Satz zur Grundlage der Lehre vom specifischen Gewicht und vom Schwimmen.

Außerdem verdankt man **Archimedes** noch die Erfindung mancher mechanischen und hydraulischen Maschine, nach dem Zeugniß der Alten sogar 40. Die bekanntesten

darunter sind der Flaschenzug, die Schraube ohne Ende, die Wasserschnecke oder Archimedische Schraube.

Unstreitig ist Archimedes auch Erfinder des Aräometers, oder der Senkwage. Man hat zwar diese Erfindung wohl auch der Hypatia zugeschrieben, der gelehrten und berühmten Tochter des Philosophen Theon, die in Alexandrien Philosophie und Mathematik lehrte, und im J. 415 in einem Auflauf des christlichen Pöbels zu Alexandrien umkam. Es ist dies auf das Zeugniß des Synesios, eines Schülers der Hypatia geschehen, der 410 als Bischof von Ptolemais in Libyen starb. Auf seine Meldung, daß er so unglücklich sei ein Hydroskopium brauchen zu müssen, vermuthlich um die Reinheit des Wassers zu prüfen, empfahl ihm Hypatia das Baryllium, ein Aräometer mit willkürlicher Skala¹⁾. Allein erstlich ist erwiesen, daß schon der Grammatiker Rhemnius Fannius Palaemon, der zu den Zeiten der Kaiser Tiber, Caligula und Claudius, also 300 Jahre früher lebte, in seinem Gedicht *De ponderibus et mensuris* des Aräometers gedenkt, und dann wird in demselben Gedicht auch die Geschichte der Krone des Königs Hiero erwähnt, so daß er damit förmlich auf den Ursprung der Erfindung hinweist, die Archimedes nach Entdeckung des genannten Theorems auch wohl nicht schwer fallen konnte.

Uebrigens hatten die Alten nicht bloß Kenntniß von der Verschiedenheit des specifischen Gewichts bei festen Körpern, sondern auch bei flüssigen; sie wußten z. B., daß Wein specifisch leichter als Wasser sei, und Regenwasser leichter als Flußwasser. Daß das Regenwasser das leichteste Wasser sei, kommt sogar schon in den Schriften des Hippokrates vor (456—366), und des Regenwassers bedienten sich die Alten in späteren Zeiten zur Regulirung der Gefäße nach dem Gewicht²⁾, doch von einer wissenschaftlichen Ausbildung dieser Kenntnisse findet sich bei ihnen keine Spur.

¹⁾ Busch, Handbuch d. Erfindungen I, 187.

²⁾ Monatsberichte d. k. preufs. Akademie 1839, S. 173.

3. Nächst Archimedes kommen besonders in Betracht Ktesibius und Hero, zwei Männer, die ums J. 150 oder 120 v. Chr. zu Alexandrien lebten.

Ktesibius, der Sohn eines Barbiers, soll die Druckpumpe erfunden haben. Er verfertigte ein Druckwerk von ziemlich zusammengesetzter Natur, bestehend aus zwei metallenen Stiefeln, die am Boden Ventile hatten, und mit einer Röhre gemeinschafteten, die zur Aufnahme des Wassers diente, und auch ein Ventil besaß. Solcher Druckwerke bedienten sich später zur Kaiserzeit die Römer als Feuerspritzen, und sie führten den Namen Siphon, ein Name, den man später auf den Heber übertrug.

Jedes Druckwerk setzt nothwendig ein Saugewerk voraus; wenn also auch die Schriftsteller der Alten nicht mit Bestimmtheit von Saugepumpen sprechen, so ist doch klar, daß dieselben zu Ktesibius Zeiten bekannt sein mußten. Es ist sogar gewiß, daß kleine Saugepumpen, Handspritzen zu Aristoteles Zeiten (384 — 322) bekannt waren, und zu der berühmten Lehre vom Horror vacui Veranlassung gaben, die sich bis zu den Zeiten Galilei's in Ansehen erhielt, und den Beweis lieferte, daß die Alten keine Kenntniss vom Luftdruck besaßen.

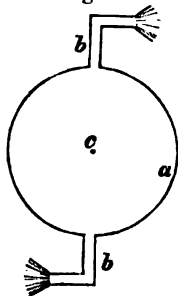
Bemerken will ich hier noch, daß das, was die älteren griechischen Schriftsteller ἀντλία nannten, keine Aehnlichkeit mit unserer Pumpe hatte, sondern ein Schöpfwerk war, ein Rad, von einem Strick umschlungen, an welchem Eimer (ἀντλίων) befestigt waren. Es ist das ägyptische (persische?) Wasserrad, von den Alten auch Noria genannt, was in alten Zeiten über ganz Asien verbreitet war, und von den Saracenen nach Spanien gebracht wurde. Eigentliche Pumpen haben die Europäer bei keinem Volke der Welt angetroffen, selbst den Chinesen waren sie unbekannt.

Ktesibius verfertigte übrigens Wasseruhren, Klepsydran, mit gezähnten Rädern, welche vielleicht die ersten Maschinen mit gezähnten Rädern waren, wenn nicht ein von Archimedes angefertigtes Planetarium solche Räder besaß; es könnte ja nämlich auch Rollen mit Schnüren gehabt haben. Endlich soll auch Ktesibius die Windbüchse

erfunden haben, was, wenn es gegründet ist, beweisen würde, daß die Alten mit der Zusammendrückbarkeit der Luft bekannt waren.

Bekannter als Ktesibius ist Hero sein Schüler, Verfasser vieler Werke über mathematische und mechanische Gegenstände, von denen indess nur wenige auf uns gekommen sind. Der Heronsball und der Heronsbrunnen, die Aeolipile, Instrumente, die man noch jetzt in allen physikalischen Kabinetten antrifft, haben seinen Namen bis auf den heutigen Tag erhalten. Weniger bekannt ist, daß ihm auch die erste Anwendung des Dampfes als bewegende Kraft gebührt, freilich noch in einer sehr unvortheilhaften Gestalt; er ist nämlich Erfinder der Reaktionsmaschine, mitunter auch Dampfkreisel genannt, deren horizontalen

Fig. 1.



Querschnitt Fig. 1 darstellt. Eine hohle Metallkugel *a*, die mittelst zweier Zapfen in der Verlängerung ihrer vertikalen Axe *c* sich in einem passenden Lager stützen und drehen kann, trägt an ihrem Umfang mehrere Röhren *b, b*, die sämmtlich nach derselben Richtung umgebogen sind. Wird nun eine Flüssigkeit in der Kugel zum Sieden gebracht, so werden die nach allen Seiten drückenden Dämpfe in den Röhren nur nach der offenen Seite hin entweichen, und den Apparat in entgegengesetzter Richtung drehen. Hero beschreibt zwei solcher Reaktionsmaschinen, eine mit Dampf, die andere mit erhitzter Luft; aus letzterer erhellt, daß er die Ausdehnung der Luft durch die Wärme kannte.¹⁾

Alle diese Apparate sind in seinem Werke *Spiritualia seu Pneumatica* beschrieben, in denen auch der Heber vorkommt, der also zu Hero's Zeiten und vielleicht noch früher bekannt war.

Ein anderes in theoretischer und praktischer Beziehung merkwürdiges Werk hat uns Pappus hinterlassen, ein

¹⁾ Annuaire du Bureau des Longitudes 1829.

Mathematiker aus der alexandrinischen Schule des IV. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung. Es kommt darin u. A. der berühmte Satz vom Schwerpunkt vor, den später im XVII. Jahrhundert der Jesuit **Paul Guldinus** in seinem Werke *De centro gravitatis, Viennae 1635 bis 41* als eine neue Entdeckung beschrieb, und der noch jetzt gewöhnlich in den Lehrbüchern der Mechanik unter dem Namen der **Guldin'schen Regel** aufgeführt wird (s. § 152). Bei **Pappus** werden auch zuerst die sogenannten 5 mechanischen Potenzen unterschieden: Hebel, Keil, Schraube, Rolle, Rad an der Welle.

In späteren Zeiten finden sich auch Spuren von detaillirteren Kenntnissen in der Hydraulik. So besitzen wir ein Werk *De aquaeductibus* von dem Römer **Julius Frontinus**, 110 n. Chr., in welchem die Bemerkung vorkommt, daß die Menge des aus einem Gefälse ausfließenden Wassers nicht bloß von der Gröfse der Oeffnung abhängt, sondern auch von der Höhe des Wasserspiegels im Gefälse.

4. Im Allgemeinen beschäftigten sich die alten Griechen nur mit der praktischen Mechanik, und sie entwickelten in der Konstruktion von Maschinen vielen Scharfsinn, wovon die angeführten Beispiele schon einige Belege liefern.

Das einzige Werk des Alterthums, welches sich mit den Principien der Mechanik befaßt, ist das von **Aristoteles** unter dem Titel *Quaestiones mechanicae*. Es ist das älteste von allen, denn **Aristoteles**, geb. zu Stagira in Macedonien, lebte von 384—322, also hundert Jahre vor **Archimedes**; allein es ist auch das verfehlteste Erzeugniß seines berühmten Urhebers. Es hat jedoch eine historische Merkwürdigkeit erlangt durch das grofse Ansehn, welches dasselbe im Mittelalter genoß. **Galilei** begann seine glänzende Laufbahn damit, daß er die Unhaltbarkeit der aristotelischen Sätze erwies, die bis dahin oder wenigstens zu seiner Zeit Niemand anzutasten wagte. Ich sage zu seiner Zeit, denn wunderlich genug, wurden früher bis zum XII. Jahrhundert die aristotelischen Schriften für ketzerisch erklärt, sogar verbrannt und ihre Anhänger exkommunicirt.

In dem genannten Werk findet sich zuerst der Satz von der Zusammensetzung der Kräfte, freilich nur für den eingeschränkten Fall, daß diese Kräfte gegeneinander rechtwinklig seien. Das Werk enthält auch noch sonst verschiedene zwar einfache und richtige Betrachtungen, aber sie liefern uns auch einen Beweis, mit welchen Schwierigkeiten damals selbst sehr hoch begabte Geister in der Erklärung von Erscheinungen zu kämpfen hatten, die uns jetzt kinderleicht erscheinen. Aristoteles bildete sich nämlich ein die Luft gewogen zu haben, weil er durch seine Spekulationen zu dem Resultat gekommen war, daß sie schwer sein müsse. Er wog einen Schlauch einmal ausgedrückt und dann aufgeblasen, und fand ihn im letzten Falle schwerer. Wie kommt es nun aber, fragt er, daß ein ausgedrückter Schlauch in Wasser zu Grunde geht, ein aufgeblasener, der doch schwerer ist, aber schwimmen bleibt?

Aus diesem Allen erhellt, daß die mechanischen Kenntnisse der Alten sehr beschränkt waren, was denn auch durch ihre Ansichten vom Weltgebäude fernerweitig bestätigt wird.

Optik.

5. Etwas ausgebreiteter waren die Kenntnisse der Alten im Gebiet der Optik, und offenbar war dies der Zweig der Physik, den sie am meisten kultivirten; theils wohl deshalb, weil die Erscheinungen des Lichts an sich auffallender sind, als die der Mechanik, theils auch weil die Gesetzmäßigkeit der Erscheinungen hier in vielen Fällen sehr hervorstechend ist, und sehr zu mathematischen Betrachtungen auffordert, zu welchen die Alten bekanntlich eine große Vorliebe besaßen.

Wie unvollkommen jedoch auch bei den Licht-Erscheinungen ihre Kenntnisse waren, geht zuvörderst schon aus ihrer Theorie vom Sehen hervor. Während wir mit gutem Grund annehmen, daß das Sehen durch etwas geschieht, was von dem gesehenen Körper ins Auge gelangt, setzten sie umgekehrt voraus, daß dabei etwas von dem

Auge ausfließe und zu dem Körper übergehe. Sie nahmen sogenannte Augenstrahlen an, die den gesehenen Körper gleich Fühlfäden betasteten; nach den Alten war also das Sehen eine Art von Fühlen.

Diese Theorie findet sich fast ohne Ausnahme bei den vorzüglichsten ihrer Philosophen und Physiker, z. B. bei Pythagoras, Demokrit, Plato, Empedokles, Epikur, Hipparch, Euklid, Lucrez, Hero, Seneca, Kleomedes. Hin und wieder ist sie nur etwas modificirt, wie z. B. Empedokles Bilder von den Gegenständen ausgehen läßt, die sich mit den Augenstrahlen vermischen, und so die Empfindung des Sehens bewerkstelligen. Aehnlich war die Meinung des großen Astronomen Hipparch; er läßt Gesichtsstrahlen von beiden Theilen ausgehen, und so ungefähr denkt sich auch Plato die Sache.

Die Theorie von den Augenstrahlen ist bemerkenswerth, weil sie sich bis in das Mittelalter erhalten hat, und ihr Umsturz auch einen der Wendepunkte der neueren Physik bezeichnet. Der Einzige, der sich sonst noch vernünftig über die allgemeine Theorie des Lichts äußert, ist Aristoteles. Er meint, es müsse zwischen den Gegenständen und dem Auge ein Medium vorhanden sein, welches das Sehen vermittelt, auf ähnliche Art, wie der Schall durch die Luft vermittelt zum Ohr gelangt. Wäre ein leerer Raum da, so, meint er, würden wir nichts sehen. Auch heutigen Tages nimmt man bekanntlich an, daß das Sehen durch ein höchst subtiles Fluidum zwischen Auge und Gegenständen vermittelt werde. Man könnte hiernach versucht sein Aristoteles die Priorität dieser Theorie zuzuschreiben; allein man braucht sich nur etwas specieller mit seinen Ansichten bekannt zu machen, um von dieser Meinung abzukommen. Ich bin überzeugt, daß wer die heutige Lichttheorie noch nicht kennt, aus Aristoteles Schriften schwerlich eine Vorstellung von derselben bekommt.

Man muß es indeß dem Aristoteles als ein Verdienst anrechnen, daß er sich gegen das Sehen mittelst Augen-

strahlen aussprach. Wäre das Auge Feuer, sagte er, wie Empedokles behauptet und im *Timaeus* geschrieben steht, und geschähe das Sehen, indem das Licht wie aus einer Laterne aus den Augen herausgehe, warum sieht denn in der Finsterniß das Auge nicht? — Gewiß eine sehr richtige Bemerkung.

Die Mangelhaftigkeit der Lichttheorie der Alten ist eine natürliche Folge ihrer geringen Kenntnisse von den Erscheinungen des Lichts. Außer einigen Thatsachen in Betreff des Sehens, außer einigen meteorischen Phänomenen kannten sie nur die Reflexion und die Refraktion, und noch dazu beide Erscheinungen sehr unvollkommen.

6. Was zunächst die Reflexion betrifft, so ist die rohe empirische Kenntniß dieser Erscheinung wohl so alt wie das Menschengeschlecht selbst. Den natürlichen Spiegel, welchen die Oberfläche ruhiger Gewässer darbietet, haben die ersten Menschen gewiß ebenso gekannt und benutzt, wie es noch jetzt von Völkern geschieht, die auf der niedrigsten Stufe der Civilisation stehen. Aber auch künstliche Spiegel, besonders Metallspiegel, sind uralte, sie waren lange vor Pythagoras (640—548) bekannt, werden schon im Hiob und im 5. Buch Mosis erwähnt, und sind auch vielfach in den ägyptischen Mumiengräbern gefunden.

In späteren Zeiten, z. B. denen des Plinius, wo die Spiegel schon zum Hausgeräth der Römer gehörten und großer Luxus mit ihnen getrieben wurde, machte man dieselben zwar immer noch größtentheils von Metall, mitunter aber auch von Stein (Obsidian) und Glas. Berühmt waren die brundisichen aus Zinn und Erz, noch viel früher scheinen jedoch die silbernen gebraucht worden zu sein. *Das Silber, sagt Plinius,¹⁾ hat die wunderbare Eigenschaft die Bilder zu spiegeln, was bekanntlich dadurch geschieht, daß die Luft zurückgestoßen und dem Auge wieder zugeführt wird.* Die Glasspiegel waren unbelegt und nach

¹⁾ Hist. nat. lib. XXXIII, cap. 45; Wilde, Gesch. d. Optik I, 66.

Plinius in Sidon erfunden; auch **Alexander Aphrodisiensis** im II. Jahrhundert sowie **Isidor** von Sevilla im VII. Jahrhundert reden vom Glase als einer zu Spiegeln sehr tauglichen Masse.¹⁾ Die belegten Glasspiegel sind von viel neuerem Datum.

Dies alles waren Planspiegel; es wurden aber nicht bloß solche Spiegel von den Alten benutzt, sondern sie verfertigten auch konvexe und konkave. Besonders ist der Gebrauch der letzteren als Brennspiegel sehr alt. Beweis dafür giebt der Vestadienst, der schon vor Erbauung Roms, also vor 753, in Italien üblich war. Der Vesta zu Ehren wurde nämlich ein ewiges Feuer unterhalten, und wenn es je durch einen Zufall erloschen war, so durfte es nur mit dem Feuer der Sonne als dem reinsten Feuer wieder angezündet werden. Das aber konnte nur mit Hilfe eines Brennspiegels, wenn nicht mittelst eines Brennglases geschehen. **Plutarch** erzählt im Numa, daß man sich zum Wiederanzünden des etwa erloschenen Vestafeuers eines sogenannten Skaphions bedient habe; Skaphion war aber ein kahnförmiges Trinkgefäß ähnlich einem Schmelztiegel, also ein mangelhafter Hohlspiegel.

Da ich hier von dem Gebrauch der Hohlspiegel bei den Alten rede, so hätte ich die Erzählung, daß **Archimedes** die Flotte der Römer, welche Syrakus einschloß, durch Brennspiegel zerstörte, näher zu betrachten, wenn dies nicht als eine unfruchtbare Beschäftigung erscheinen müßte, da aus der Gesammtheit der über diesen Gegenstand mit so vieler Gelehrsamkeit geführten Verhandlungen hervorgeht, daß die Angabe entweder eine reine Erdichtung ist, oder auf einem Mißverständniß beruht.

Polybios, der fast ein Zeitgenosse von **Archimedes** war (er lebte 204 bis 121 v. Chr.) und die Belagerung von Syrakus ausführlich beschrieben hat, erwähnt nichts von der besagten Verbrennung, ebenso wenig **Livius** und **Plutarch**. Die früheste Nachricht darüber bringen **Lucian** aus

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 67.

Samosata in Syrien und Galen aus Pergamus, die beide im II. Jahrhundert n. Chr. lebten und berichten, daß **Archimedes** durch künstliche Mittel, durch Zündwerk, die Flotte vernichtet habe; daß Brennspiegel dabei angewandt seien, sagt mit Bestimmtheit keiner von beiden. Der erste, welcher erwähnt, daß **Archimedes** die Flotte der Römer mittelst der *Sonnenstrahlen* verbrannt habe, ist **Anthemius**, berühmt durch die Erbauung der Sophienkirche unter Justinian I. im VI. Jahrhundert; er bezweifelt aber, daß es auf Schußweite eines Bogens mit einem Brennspiegel geschehen könne, und schlägt daher vor, mehrere ebene Spiegel so zu kombiniren, daß sie die auffallenden Sonnenstrahlen nach einem Punkte hin reflektiren. Eigentlich sind es erst **Zonaras**, **Tzetzes** und **Eustathius**, byzantinische Schriftsteller des XII. Jahrhunderts, durch welche die Sage, daß **Archimedes** mit Brennspiegeln die römische Flotte verbrannt habe, in Umlauf gebracht ist. Seitdem hat sich der Glaube an die Richtigkeit der Sache erhalten und die optischen Schriftsteller des Mittelalters vielfach beschäftigt, obwohl der Thatbestand aller sicheren historischen Begründung entbehrt.

Ebenso unwahr ist die Erzählung von **Zonaras**, daß **Proklus** die Flotte des Vitalianus, der unter dem Kaiser Anastasius (reg. 491 bis 518) Konstantinopel belagerte, durch Spiegel verbrannt habe. Es ist diese Geschichte schon deshalb nicht glaublich, weil **Anthemius** nichts davon erwähnt, und doch gerade er die Erzählung über **Archimedes** wahrscheinlich zu machen gesucht hat. — Was übrigens beide Begebenheiten von vorn herein sehr unwahrscheinlich macht, ist die große Schwierigkeit der Anfertigung von Hohlspiegeln, die in bedeutender Entfernung zünden, und der Umstand, daß es bei größerer Nähe wirksamere Mittel giebt eine Flotte in Brand zu stecken¹⁾.

7. Es ist indeß nicht bloß die praktische Seite der Reflexion des Lichts, mit welcher die Alten sich befaßten,

¹⁾ Wilde, ibid. I, 34. 49.

sie haben vielmehr auch sehr früh die wissenschaftliche Seite kultivirt. Schon bei den Platonikern treffen wir die Kenntniß zweier Sätze an, welche noch jetzt als fundamental in der Katoptrik gelten:

1) daß sich das Licht in einem und demselben Medium stets gradlinig fortpflanze;

2) daß bei der Reflexion die Winkel des Einfalls und des Rückwurfs gleich sind, und beide Strahlen, der einfallende und der zurückgeworfene, in einer auf der spiegelnden Fläche senkrechten Ebene liegen.

Wer diese beiden Sätze aufgefunden hat, weiß man nicht, ebensowenig wie sie aufgefunden sind. Der erste hat vorweg so viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß er vielleicht mehr angenommen als bewiesen ist; der andere ist nicht ganz so einfach, versteht sich nicht eigentlich von selbst, sondern erfordert einen Beweis. Da die Alten Winkelmessungen zu machen verstanden, so fanden sie ihn möglicherweise dadurch auf, daß sie die Höhe der Sonne einmal über dem Horizont, und dann über ihrem Bilde in einem ruhigen Wasserspiegel maßen. Diese beiden Sätze finden sich in einem Werke über Optik, das dem berühmten Geometer Euklid (geb. zu Alexandrien um 300 v. Chr.) zugeschrieben wird, und auch sonst noch viel Richtiges über Reflexion und Refraktion enthält, doch vermischt mit so mancher Unrichtigkeit, dass es zweifelhaft ist, ob es jenen berühmten Geometer zum Verfasser hat.

Außer diesen beiden Sätzen kannten die Alten in Betreff der Reflexion noch einen dritten, der nicht so oben auf liegt, und der weiter ausgeführt, eins der merkwürdigsten Gesetze des Lichts einschließt. Es ist der Satz:

3) daß das Licht bei der Reflexion immer den kürzesten Weg einschlägt.

In der That, wenn von A ein Strahl nach einem Punkt B auf dem Spiegel geht, und von hier nach C reflektirt wird, so ist $AB + BC$ kürzer als irgend ein anderes Linienpaar $AD + DC$, wenn D einen beliebigen Punkt des Spiegels bezeichnet. Später hat Fermat diesen Satz

einen allgemeineren Ausdruck gegeben. Es wird angegeben, daß der Satz uns von **Heliodorus** von Larissa aufbewahrt ist, einem sonst unbedeutenden Schriftsteller, welcher vermuthlich zu Tiber's Zeiten, also im ersten Jahrhundert lebte; es scheint indeß, daß eigentlich sein Sohn **Damianus** das betreffende Werk geschrieben hat, welches jedenfalls später als die Optik von **Ptolemaeus** verfaßt ist¹⁾. Das Theorem selbst stammt aber von dem berühmten **Hero** von Alexandrien her, der auch ein Buch über Winkel- und Höhenmessen geschrieben hat, worin schon ein Hodometer vorkommt²⁾.

8. So viel von den Kenntnissen der Alten über Reflexion. Was die Refraction betrifft, so ist auch sie eine so gewöhnliche Erscheinung, daß sie unmöglich lange der Beachtung entgehen konnte. Daß z. B. ein schief in das Wasser gestecktes Ruder wie gebrochen aussieht, ist ohne Zweifel eine sehr alte Wahrnehmung.

Es ist manchmal bezweifelt worden, ob die Alten Brenngläser gekannt haben, allein ohne Grund; es finden sich mehrere Andeutungen, welche dies außer Zweifel setzen. Allein es muß unentschieden bleiben, von welcher Form diese Brenngläser waren, ob nämlich Kugeln von Glas, Kugelsegmente oder eigentliche Linsen. Daß Brenngläser sehr alt seien, geht schon aus **Aristophanes** hervor. Dieser Dichter (424 v. Chr.) läßt nämlich im zweiten Theile seines Lustspiels *Die Wolken* den **Strepsiades** zum **Sokrates** sagen, er wisse ein Mittel, wie man sich seiner Schuldner entledigen könne, und auf die Frage wie? antwortet er, er würde, wenn der Gläubiger ihm seine Rechnung brächte, dieselbe unvermerkt in die Sonne halten und mit dem Glase schmelzen, mit dem man Feuer anmache.

Nach diesem alten Zeugniß von der Kenntniß der Brenngläser kann es nicht in Verwunderung setzen, wenn

¹⁾ Wilde, *ibid.* I, 49. 60.

²⁾ Gilbert's *Ann.* Bd. 52, S. 403.

man ihrer oder ihrer Wirkung bei späteren Schriftstellern erwähnt findet. **Lucius Annaeus Seneca** (geb. 12, gest. 66 n. Chr.) kannte die Vergrößerungskraft einer mit Wasser gefüllten Flasche sehr wohl. Er wußte auch, daß ein eckiges Stück Glas alle Farben des Regenbogens erzeuge; allein er hielt diese Farben nicht für ächte, sondern für falsche, ähnlich den Farben eines Taubenhalses und denen, die ein Spiegel reflektire. Ebenso wußte **Plinius der Ältere** (geb. 23 n. Chr. zu Verona, gest. 79 beim Ausbruch des Vesuv), daß eine Glaskugel in den Sonnenschein gehalten Gegenstände entzünden könne, und er erwähnt diese Benutzung der Glaskugeln als ein Aetzmittel bei Wunden. Auch der Redner **Lactantius** (gest. 325 n. Chr.), Erzieher des ältesten Sohnes von Konstantin dem Großen, sagt, daß eine mit Wasser gefüllte Kugel zünde, selbst, wie er hinzufügt, wenn das Wasser ganz kalt sei.

Ungeachtet dieser Kenntnisse von den Wirkungen der Lichtbrechung waren doch die Alten mit den Ursachen dieser Erscheinung ganz unbekannt, wie sie denn auch, wenigstens in den Zeiten vor Chr. von den Gesetzen derselben nichts wußten. Dies geht u. A. bei **Aristoteles** aus der Frage hervor, warum ein schief in das Wasser gesteckter Stab gebrochen erscheine.

Spätere Schriftsteller verrathen schon etwas mehr Sachkenntniß, so z. B. **Kleomedes** (lebte 50 n. Chr.), welcher ein Buch unter dem Titel *Cyklische Theorie von den Meteoren* schrieb, und darin eine Theorie vom Sehen, von der Reflexion und Refraktion lieferte. Dieser wußte, daß ein Lichtstrahl, wenn er schief aus einem Mittel in ein dichteres übergeht, dem Perpendikel zugelenkt wird, wenn er dagegen in ein lockreres Mittel tritt, von ihm abbiegt. **Kleomedes** kannte auch schon den Versuch, bei welchem man eine Münze auf den Boden eines Bechers legt, sich dann so stellt, daß man sie nicht mehr sehen kann, und nun, ohne das Auge zu verrücken, den Becher mit Wasser füllt, wo dann die Münze wieder zum Vorschein kommt. Er setzt noch hinzu, auf gleiche Weise könne man die noch unter

dem Horizont verborgene Sonne durch Strahlenbrechung sehen ¹⁾).

9. Die ausgebreitetsten und gründlichsten optischen Kenntnisse im ganzen Alterthum besaß aber **Claudius Ptolemaeus**, derselbe Mann, der auch als Astronom und Geograph Epoche in der Wissenschaft gemacht hat.

Ptolemaeus war geb. im J. 70 oder 77 zu Ptolemais in Aegypten, nicht zu Pelusium, wie Einige angeben, und er starb 147 zu Alexandrien, wo er den größten Theil seines Lebens mit Beobachtungen und mit Abfassung zahlreicher Werke zubrachte. Von seinen astronomischen und geographischen Werken ausführlich zu reden kann hier nicht der Ort sein; ich will hier nur bemerken, daß **Ptolemaeus** der Urheber oder Ausbilder des nach ihm benannten Weltsystems ist, welches die Erde in den Mittelpunkt des Planetensystems setzt, einer Lehre, die sich fast anderthalbtausend Jahre in ungeschwächtem Ansehen erhalten hat, und selbst dann, als sie durch **Kopernikus** gründlich widerlegt worden war, ihre Anhänger und Vertheidiger fand. Es ist ferner **Ptolemaeus**, dem man die allein richtige Methode verdankt, die geographische Lage von Orten festzusetzen, nämlich durch Beobachtung ihrer Breite oder Polhöhe und ihrer Länge, eine Methode, von welcher er indeß zuweilen wegen Unrichtigkeit der Messungen fehlerhafte Anwendungen machte.

Dieser **Ptolemaeus** hat auch ein Werk über Optik hinterlassen, das in einer Hinsicht das merkwürdigste aus dem ganzen Alterthum ist, sowohl in physikalischer Hinsicht überhaupt als in Betreff der Optik ins Besondere. Man hat es lange nur aus den Citaten mittelalterlicher Schriftsteller gekannt und es für verloren gehalten, bis man es in neuerer Zeit sowohl in Oxford als in Paris in lateinischer Handschrift aufgefunden hat, als Uebersetzung aus dem Arabischen. Es führt den Titel: *Ptolemaei opticorum sermones quinque*. Die nähere Kenntniß seines Inhalts ver-

¹⁾ Wilde, ibid. I, 59.

danken wir dem französischen Astronomen Delambre, der davon in der *Connaissance des temps* für 1816 einen ausführlichen Auszug gegeben hat.

Aus diesem Auszug ersehen wir, daß das ptolemaische Werk alle damals bekannten Zweige der Optik umfaßt: die Theorie des Sehens, die Reflexion, die Theorie der ebenen und konkaven Spiegel und endlich die Refraktion.

Von dieser Refraktion handelt das 5. Buch, welches unter allen Dokumenten über die Physik der Alten deshalb eins der merkwürdigsten ist, weil darin Versuche beschrieben werden, welche sonst, wie schon erwähnt, bei den Alten gar nicht oder höchst sparsam und in sehr unvollkommener Weise vorkommen. Bekannt mit dem von Kleomedes beschriebenen Versuche, und wissend, daß ein Lichtstrahl bei schiefem Einfall auf einen durchsichtigen Körper von seiner Richtung abgelenkt werde, suchte er diese Ablenkung zu messen, und zwar für den Uebergang des Lichts aus Luft in Wasser und Glas, und aus Glas in Wasser. Ptolemaeus hatte indeß keine Kenntniß von dem Gesetz der Refraktion. Er maß und gab daher nur die Winkel des Lichtstrahls in den beiden Medien mit dem Perpendikel auf der Gränzfläche, ohne eine Folgerung daraus abzuleiten. Aus den von ihm angegebenen Winkeln hat man indeß die Brechverhältnisse berechnet und so gefunden, daß seine Versuche im Mittel ganz leidliche Werthe ergaben.

Refraktion aus:

Luft in Wasser = 1 : 0,76 (nach Newton = 1 : 0,74)

Luft in Glas = 1 : 0,67 (nach Newton = 1 : 0,65)

Glas in Wasser = 1 : 0,88

Ebenso wenig wie Ptolemaeus das Refraktionsgesetz kannte, war ihm die Dispersion oder Farbenzerstreuung bekannt.

10. Schreiten wir jetzt zu den atmosphärischen Lichterscheinungen; auch in der Kenntniß von diesen finden wir bei den Alten nur die ersten Andeutungen.

Ptolemaeus kannte die astronomische Strahlenbrechung. Er wußte, daß im Zenith keine Strahlenbrechung stattfindet, daß diese Brechung aber an allen übrigen Punkten des Himmels die Höhe der Sonne, des Mondes und der Sterne vergrößere, und zwar desto mehr, je näher dem Horizont, und daß demgemäß die Cirkumpolarsterne keine Kreise beschreiben. Kurz er wußte, daß die Lichtstrahlen, welche schief in die Atmosphäre eintreten, von der graden Linie abgelenkt werden, nämlich nach dem Perpendikel hin.

Nach einer großen Zahl von ihm angestellter Messungen berechnete er sogar Refraktionstabellen. Er hielt die Höhe der Atmosphäre für unbekannt, meint aber doch, daß sie sich bis zum Mond erstrecke.

Die Kenntniß der astronomischen Strahlenbrechung ist für den Astronomen Bedürfnis, da er ohne sie die Höhe der Gestirne nicht richtig zu bestimmen vermag, und eben dies Bedürfnis hat veranlaßt, daß man etwa 100 n. Chr. die Wirkung der regelmäßigen Strahlenbrechung etwas näher studirte. Dagegen blieben andere Erscheinungen, an die sich kein solches Interesse knüpfte, sehr vernachlässigt, so z. B. die prachtvollste und so häufige des Regenbogens.

Aristoteles kannte den Regenbogen so gut wie die Höfe und Ringe um Sonne und Mond nebst den Nebensonnen und Nebenmonden, die in den Durchschnittspunkten dieser Höfe und Ringe zum Vorschein kommen. Er kannte auch den Nebenregenbogen, ja sogar den Mondregenbogen; er wußte auch anzugeben, warum derselbe so selten sei und nur bei Vollmond erscheine. Er wußte ferner, daß die Höhe des Regenbogens sich nach dem Stande der Sonne richte, daß er desto niedriger sei, je höher die Sonne stehe, und daß deshalb im Sommer und zur Mittagszeit kein Regenbogen in Griechenland möglich sei. Endlich wußte er auch, daß ein künstlicher Regenbogen erscheine, wenn man mit einem Ruder ins Wasser schlage oder sonst Wasser umherspritze, und dabei der Sonne den Rücken zukehre.

Allein trotz aller dieser Bekanntschaft mit den Umständen, unter welchen der Regenbogen zu Stande kommt, hatte er doch keine richtige Vorstellung über die Entstehung desselben. Er erklärte nämlich den Bogen für eine Menge unvollkommener Sonnenbilder an der Wolke, und läßt die Farben durch Reflexion entstehen. Die schrägsten Strahlen können am wenigsten in die Wolke eindringen, werden am stärksten reflektirt und erzeugen die lebhafteste Farbe, das Roth. Er leitet also die Farben, von denen er nur drei unterscheidet, von einer unvollkommenen Reflexion ab.

Nicht besser waren Seneca's Kenntnisse. Er hielt den Regenbogen für ein einziges verzogenes Sonnenbild, welches an einer hohlen und feuchten Wolke reflektirt werde, und welches größer erscheine als die wirkliche Sonne, weil im Wasser alles vergrößert werde. Er parallelisirt die Farben desselben mit den Farben, welche eckige Glasstücke darbieten, meint aber doch, sie entstünden dadurch, daß Sonnenstrahlen von verschiedener Stärke sich mit der Farbe der Wolke vermischten.

Auch seltenere Phänomene blieben den Alten nicht ganz unbekannt, so z. B. die irdische Strahlenbrechung, die Kimmung, Mirage, ein Phänomen, welches freilich in heißeren Himmelsstrichen als Griechenland und Italien, in Asien und Afrika, häufiger ist, und daher bei arabischen, persischen und indischen Dichtern oft bildlich angeführt wird, in Sanskrit den Namen Durst (Wunsch) der Antilope heisst ¹⁾).

Pomponius Mela erzählt, in Mauritanien am Atlas gebe es Länder, wo Gespenster zwischen den Bergen die Bewegungen der Menschen nachahmten. Plinius gedenkt einer Landschaft in Scythien, wo sich große Herden von Menschen und Schafen in der Luft sehen ließen. Sonderbar, daß die Alten diese Beispiele so weit herholten, da sie dieselben viel näher haben konnten. Facellus erwähnt indessen eins, das wohl von Italien oder Sicilien gilt ²⁾).

¹⁾ Humboldt, VI, 83.

²⁾ Gilb. Ann. XVII, 184.

Dies wären nun die hauptsächlichsten Kenntnisse der Alten im Gebiet der Optik; sie können zwar noch nicht auf den Namen einer Wissenschaft Anspruch machen, enthalten indess doch die ersten Keime dazu und überragen jedenfalls bei Weitem das, was sie in anderen Zweigen der Physik wußten, wo die Kenntnisse noch mangelhafter und fragmentarisch waren.

Akustik.

11. Obwohl sehr eingeschränkt, waren die Kenntnisse der Alten in der Akustik doch nicht ganz ohne allen Zug von Wissenschaftlichkeit; sie gingen hervor aus der Musik, welche schon sehr frühzeitig betrieben wurde, und später einen nicht ganz unbedeutenden Grad von Ausbildung erhielt. Besonders verdient hier Pythagoras genannt zu werden, der Stifter jener merkwürdigen Schule zu Kroton in Unter-Italien, aus der so manche helle Einsicht hervorging.

Pythagoras war zu Samos etwa 580 v. Chr. geboren, und starb 500 zu Megapontum den Hungertod im Tempel der Musen. Man erzählt von ihm, daß er einst vor einer Schmiede vorüberging und überrascht ward zu hören, daß die Hämmer der Arbeiter die Quarte, Quinte und Oktave angaben. Er vermuthete, daß die verschiedenen Gewichte der Hämmer die Ursache der harmonischen Töne seien; er ging hinein, untersuchte die Hämmer und fand wirklich, daß der Hammer, welcher die höhere Oktave gab, das halbe Gewicht des schwersten hatte; der, welcher die Quinte gab, $\frac{2}{3}$ und der, welcher die Quarte gab, $\frac{3}{4}$. Als er nach Hause kam, so sagt man, hing er eine Saite senkrecht auf und beschwerte sie am anderen Ende mit verschiedenen Gewichten. Da soll er denn gefunden haben, daß, um von dieser Saite die Oktave, Quinte und Quarte zu erhalten, die spannenden Gewichte in denselben Verhältnissen stehen mußten wie die der Hämmer.

Diese Erzählung klingt ganz annehmlich; allein entweder ist sie ganz erfunden oder doch ganz entstellt. Für

die Töne Quarte, Quinte, Oktave müssen entweder bei gleicher Spannung die Längen der Saite sich verhalten wie $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, oder bei gleicher Länge die Gewichte wie $\frac{16}{9}$, $\frac{9}{4}$, $\frac{4}{1}$, denn es verhalten sich die Schwingungsmengen wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Gewichten und umgekehrt wie die Saitenlängen.

Indeß ist soviel gewiß, daß **Pythagoras** und seine Schüler sich sehr viel mit der Tonleiter und deren Eintheilung beschäftigten, und er selbst soll der Lyra, die bis dahin nur 7 Saiten oder Töne hatte, den achten oder die Oktave hinzugefügt haben.

Auch **Aristoteles** besaß einige akustische Kenntnisse. Unter Anderem wußte er, daß die Luft den Schall vermittelnd in das Ohr leite; so auch, daß eine Pfeife oder Saite, um eine höhere Oktave zu geben, die halbe Länge von der haben müsse, die den Grundton angiebt. Letzteres hat er indeß von **Pythagoras** oder dessen Schülern ¹⁾. Bei **Aristoteles** finden wir auch schon die interessante Bemerkung, daß der Schall bei Nacht besser und in größerer Entfernung gehört werde als bei Tage, und im Winter besser als im Sommer. Er erklärt die Erscheinung damit, daß er sagt: das kommt daher, weil es dann mehr Ruhe giebt wegen der Abwesenheit des Heißesten, welche Abwesenheit alles ruhiger und leidender macht, indem die Sonne das Princip aller Bewegung ist ²⁾.

Wärme.

12. Im Gebiet der Wärmelehre finden wir bei den Alten noch gar keine Schritte zur Wissenschaftlichkeit gemacht. Ihre Kenntnisse beschränkten sich hier auf bloße empirische Bekanntschaft mit den, man kann wohl sagen, alltäglichen Erscheinungen des Gefrierens, Schmelzens, Glühens, Verdampfens, Siedens; auf die Wärmeentwicklung durch Verbrennen, Reiben, Koncentriren der Sonnenstrahlen;

¹⁾ Young, A course of lect. I, 404.

²⁾ Humboldt, Gilb. Ann., Bd. 65, S. 41.

auf Kälteerregung durch Verdunsten, Ausdehnung der Luft und des Dampfes durch Wärme.

Trotz dieser unvollkommenen Kenntniß des Thatsächlichen ließen sie es nicht an Hypothesen fehlen; wir finden sie namentlich bei **Aristoteles** und **Epikur**. Ersterer nahm für Wärme und Feuer ein eigenes Element an, welches das unkörperlichste von allen sei, und aus außerordentlich kleinen und beweglichen Theilen bestehe. Letzterer lehrte, die Wärme bestehe aus feurigen Ausflüssen.

Aus diesen Angaben wird erhellen, daß von einer wissenschaftlichen Erforschung der Wärmeerscheinungen noch keine Spur anzutreffen ist, wie denn diese auch erst mit Erfindung des Thermometers anhebt und anheben konnte.

Elektricität.

13. Dasselbe gilt und in noch höherem Mafse von der Elektricitätslehre, wiewohl die Alten auch hier einige Erscheinungen sehr frühzeitig kennen lernten. Nach allgemeiner Angabe ist **Thales**, einer der sieben Weisen Griechenlands, welcher 640 zu Milet geboren wurde und 548 als Zuschauer der olympischen Spiele vor Altersschwäche starb, derjenige, von dem die älteste Beobachtung über Elektricität her stammt, indem er die Anziehung, welche geriebener Bernstein auf leichte Körper ausübt, zuerst wahrnahm. Wenn dies auch nicht weiter verbürgt werden könnte, so hat doch die Beobachtung insofern ein Interesse, als sie später, weil der Bernstein auf griechisch **Elektron** heißt, zu dem Namen Elektricität, Bernsteinhaftigkeit, Veranlassung gegeben hat.

Nach **Kratzenstein** kommt der Name von dem arabischen *elek* (adhaeret), nach **Buttmann** dagegen von **ἐλκεν** ziehen, daher der Bernstein **ἐλεκτρον**, Zugstein, woraus später **ἐλεκτρον**. Der Anziehung wegen, die der geriebene Bernstein auf Stroh, Fäden, Blätter und andere leichte Körper ausübt, nannten ihn die Syrer Räuber, die Perser Strohräuber, **Karuba**, woher das auch noch jetzt den Bern-

stein bezeichnende Wort Carabe stammt. Im Französischen ist ein Trivialname desselben Tire-paille. Das deutsche Wort Bernstein ist nicht von der elektrischen Eigenschaft des Fossils abgeleitet, sondern von seiner Brennbarkeit; es kommt von dem veralteten niederdeutschen *bernen* d. h. brennen, leuchten. Eine gleiche Bedeutung hat der mit Bernstein synonyme Name Agtstein, vom veralteten *aiten*, brennen (Heyse), welchen einst einige Puristen gebrauchen wollten, um die aus dem griechischen Elektron abgeleiteten Namen durch solche aus dem Deutschen entnommene zu verdrängen, also elektrisiren durch *beagsteinkräftigen*, und Elektrisirmaschine durch *Beagsteinkräftigungs-rüstzeug*. Diese Vorschläge wurden in vollem Ernst von einem sonst verdienten Elektriker, dem im J. 1790 als Konservator des kurpfälz. physikal. Kabinets zu Manheim verstorbenen Abt Hemmer gemacht — natürlich aber nur Vorschläge blieben.

Lange Zeit war der Bernstein der einzige Körper, an dem man die Eigenthümlichkeit kannte, nach dem Reiben leichte Körper anzuziehen. Erst einige hundert Jahre später entdeckte Theophrastus von Eresus auf Lesbos, der berühmteste Mineralog des Alterthums, welcher von 371 bis 286 lebte, daß das Lynkurion dieselbe Eigenschaft besitze. Welches Mineral das Lynkurion gewesen sei, weiß man nicht; die Alten fabelten von ihm, daß es aus dem Harne des Luchses anschiefse, und daher auch sein Name Luchsstein.

In späterer Zeit sind mehrfach gelehrte Untersuchungen über das Lynkurion angestellt, und ein englischer Elektriker Dr. Watson hat namentlich geltend gemacht, daß es unser Turmalin sei. Allein die Eigenschaften, welche Theophrast vom Lynkurion angiebt, Farbe, Härte, Politurfähigkeit, passen wie auf den Turmalin ebenso auf gar viele Edelsteine, und dann wäre Theophrast ein sehr schlechter Beobachter gewesen, wenn er am Turmalin, der durch Reiben nur schwach oder gar nicht elektrisch wird, die Eigenschaft nicht bemerkt haben sollte, weshalb er in der Geschichte der Elektricität eine gewisse Epoche begrün-

dete, die Eigenschaft nämlich, durch Erwärmung elektrisch zu werden. Viel eher könnte man berechtigt sein den Carbunculus des Plinius für einen Turmalin zu halten, denn der berühmte Verfasser der *Historia naturalis* giebt von diesem übrigens auch nicht bekannten Stein an, daß er sowohl gerieben als von der Sonne erwärmt die Eigenschaft erlange, leichte Körper anzuziehen.

Unser Turmalin ist mit Gewißheit den Alten nicht bekannt gewesen, und wir haben ihn erst aus Indien, aus Ceylon, kennen gelernt, woher ihn 1703 die Holländer unter dem Namen Turmalin, Turnamal oder Trip brachten. Sie selbst belegten ihn mit dem Namen Aschentrecker, weil sie bemerkten, daß der Stein die leichte Asche auf glimmenden Torfkohlen anziehe, und nach einiger Zeit wieder abstofse. Die erste Nachricht darüber brachte die Schrift: *Curiöse Speculationes bei schlaflosen Nächten von einem Liebhaber, der immer gern speculirt, Leipzig 1707*, worin der anonyme Verfasser die ganz richtige Bemerkung macht, er zweifle gar nicht, daß der Stein, wenn er erhitzt sei, wohl mehr Dinge als Asche an sich ziehen möge¹⁾.

Nach Allen diesem ist es also nicht erwiesen, daß das Lynkurion unser Turmalin gewesen sei, vielmehr ist es wahrscheinlicher, daß man darunter unsern Hyacinth zu verstehen habe, eine Meinung, der in späteren Zeiten mehrere Naturforscher beigetreten sind, und die zuerst von dem Bischof Epiphanius in seinem Buche über die 12 Edelsteine auf dem Kleide Arons ausgesprochen worden ist, freilich aus dem eben nicht gewichtigen Grunde, weil er das Wort Lynkurion nicht habe in der Bibel finden können, die er für eine Mineralogie zu halten scheint.

14. Daß die Alten überdies Kenntniß von den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre haben mußten, bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung. Blitz und Donner sind ja besonders in südlichen Gegenden so häufig.

¹⁾ Beckmann, Beiträge I, 241.

fige und so auffallende Phänomene, daß sie Keinem unbekannt bleiben konnten. Allein außer dem Gewitter kannten die Griechen und Römer noch eine viel seltenere elektrische Erscheinung, diejenige nämlich, welche wir jetzt das Elmsfeuer nennen, und die aus leuchtenden, elektrischen Ausströmungen aus Spitzen von Masten, Thürmen, Zweigen der Bäume und Sträucher, selbst von Haaren an Menschen und Thieren, besteht. Ueber dieses Phänomen finden sich nun bei den Alten mehrfache Nachrichten, die zum Theil recht charakteristisch sind.

In Caesar's Geschichte seines afrikanischen Krieges cap. 47 heist es: *Plötzlich entstand ein ungeheurer Sturm mit Steinregen (Hagel?), und in derselben Nacht glühten von selbst die Spitzen an den Speeren der fünften Legion.* Aehnliches berichtet Livius. Er sagt Lib. XXII, cap. 1: *In Sicilien wurden den Soldaten die Speere leuchtend, und das Gestade glänzte von zahlreichen Funken.* Ferner in Lib. XXXIV, cap. 45: *Auf dem Forum, dem Comitium und Capitolium sah man Blutstropfen; es regnete einige Male Erde und das Haupt des Vulkans ward leuchtend.*

Plinius rechnet das Elmsfeuer zu den Sternen. Er sagt Lib. II. cap. 37: *Es giebt Sterne auf dem Meere und auf dem Lande.* Ich selbst, setzt er hinzu, sah den Speeren der Soldaten, die Nachts Wache hielten, ein sternähnliches Licht sich anhängen. Auch auf die Segelstangen und andere Theile der Schiffe setzten sie sich mit eigenthümlichem Geräusch, wie Vögel hüpfend von einem Orte zum andern. Wenn sie einzeln kommen, sind sie verderblich, die Schiffe in den Grund bohrend, und wenn sie auf den Boden gesunken sind, die Kiele entzündend. Als Doppelsterne aber sind sie heilsam, Vorboten einer glücklichen Fahrt, und durch ihre Ankunft wird jene schreckliche Helena verscheucht. Deshalb schreibt man dem Pollux und Kastor diese Erscheinung zu, und ruft sie an als Götter auf dem Meere. Auch die Häupter der Menschen umleuchten sie in den Abendstunden zu großer Vorbedeutung. Die Ursache aber von allem ist unbekannt, verborgen in der Majestät der Natur.

Dies letzte Geständniß, das Geständniß der Unbekanntschaft mit der Ursache dieser leuchtenden Phänomene, ist für die Geschichte der Physik von Wichtigkeit, indem daraus hervorgeht, daß die Alten noch keine Vorstellung von der Elektricität besaßen.

Dennoch hat es in neuerer Zeit einen Physiker gegeben, welcher den Alten eine unglaublich vollkommene Kenntniß der Elektricität zuschreibt, welcher da meint, diese Kenntniß sei ein Eigenthum der grauesten Vorzeit gewesen, und nur späterhin zu Plinius Zeiten wieder verloren gegangen¹⁾; ja das ganze Heidenthum sei aus der mißverstandenen Naturweisheit jener Urzeit hervorgegangen. Dieser Physiker giebt nun der Stelle, worin von Doppelsternen die Rede ist und gesagt wird, man schreibe sie dem Kastor und Pollux zu, die Auslegung, daß die Alten damit die beiden Elektricitäten hätten bezeichnen wollen, und zur ferneren Stütze dieser Behauptung beruft er sich auf verschiedene mythologische Figuren, in deren Stellung er gleichfalls eine Andeutung von Kenntniß des polaren Gegensatzes in der Elektricität zu erblicken glaubte.

Es würde zu weit führen und auch nutzlos sein, wenn ich versuchen wollte, die Theorie jenes Physikers ausführlich zu entwickeln und zu widerlegen. Unterlassen aber kann ich hier die Bemerkung nicht, daß die von Plinius erwähnten und dem Bruderpaare Kastor und Pollux zugeschriebenen Doppelsterne, welche nach jener mythologischen Deutung die beiden entgegengesetzten Elektricitäten vorstellen sollen, in neuerer Zeit gar nicht beim Elmsfeuer wahrgenommen worden sind, und daß es auch weder nach unserer jetzigen Theorie, noch nach jener mythologischen Deutung einzusehen ist, wie bei diesem Phänomen beide Elektricitäten sich leuchtend nebeneinander entladen sollten.

Wie es gekommen, daß Kastor und Pollux als Schutzgötter der Seefahrer betrachtet wurden, darüber hat die

¹⁾ Schweigger, Ueb. d. älteste Physik u. den Ursprung d. Heidenthums etc. Schweigg. Journ. XXXIII. — Ueber d. elektrische Erscheinung, welche d. Alten mit dem Namen Kastor u. Pollux bezeichneten, das. XXXVII, 1823.

Geschichte eine Sage aufbewahrt, und möglich ist, daß diese Sage auf die Vorstellung von dem Phänomen zurückgewirkt hat. Kastor und Pollux, so sagt die Geschichte, machten den Argonautenzug mit, und wurden einst auf dieser Fahrt von einem erschrecklichen Sturm überfallen. Als Alle laut zu den Göttern flehten, erschienen plötzlich auf den Häuptern von Kastor und Pollux zwei sternähnliche Flämmchen, und darauf legte sich das Ungewitter. Seitdem wurden Kastor und Pollux die Schutzgötter der Schiffer und empfangen den Namen der Dioskuren; deshalb werden beide auch immer mit einem Stern über dem Haupte vorgestellt.

Möglich ist, daß diese Begebenheit zu der Sage von den Doppelsternen Anlaß gegeben hat. Ich nenne dies absichtlich eine Sage, weil, wohl bemerkt, Plinius selbst diese Doppelsterne nicht gesehen hat, sowenig wie irgend ein Physiker nach ihm. — Was es mit dem Unglücksstern, den Plinius Helena nennt, eigentlich für eine Bewandniß habe, ist schwer zu sagen, vielleicht ist damit eine Feuerkugel gemeint. Sollte damit ein einzeln erscheinendes Elmsfeuer gemeint gewesen sein, so hat sich wenigstens seit Plinius Zeiten der Begriff von der Bösartigkeit eines solchen elektrischen Lichts sehr geändert.

Noch heut zu Tage betrachten die Schiffer des Mittelmeers, wo sich dies Phänomen häufiger als bei uns zeigt, das Elmsfeuer als ein Zeichen des Nachlassens der Gewitterstürme, gleichviel ob es sich bloß auf einem Maste oder auf mehreren Masten oder Segelstangen zeigt, und nicht selten pflegen sie bei solcher Gelegenheit Dankgebete an St. Elmo oder Santa Anna zu richten. Die Namen St. Elmo, Telmo, Hermo, welche dies Phänomen noch jetzt bei den Schiffen des Mittelmeers führt, sind offenbar aus Helena, der Schwester von Kastor und Pollux, entstanden¹⁾. — Die Portugiesen nennen es Corpo santo, woraus vielleicht der Name Comasant bei den englischen Schiffen

¹⁾ Piper, Poggendorff's Ann. Bd. 82, S. 324.

entstanden ist. Die Namen Kastor und Pollux haben sich nicht einmal in einer Korruption erhalten.

15. Verschiedene Schriftsteller haben beweisen wollen, die Alten wären mit den Blitzableitern bekannt gewesen, besonders die Hetrurier, von denen sie die Römer kennen gelernt hätten¹⁾. Indefs sind dies doch nur unhaltbare Vermuthungen. Zwar kannten die Alten einige Wirkungen des Blitzes, durch welche sie wohl auf die Ableiter hätten geführt werden können; sie wußten z. B., wie Plinius erwähnt, daß der Blitz zuweilen eine Degenklinge schmelze ohne die geringste Wirkung auf die Scheide zu äußern, das Geld im Beutel schmelze ohne diesen zu verbrennen, das Eisen eines Wurfspießes verbrenne ohne das Holz zu verletzen. Allein man kann nicht mit Bestimmtheit nachweisen, daß sie eine bewusste Anwendung davon gemacht hätten. Im Gegentheil findet man bei ihnen mehrfache Spuren eines ähnlichen Aberglaubens, wie wir ihn noch heut unter dem Volke antreffen. So glaubten sie, Zeus, der Donnerer, schone den Lorbeerbaum, und daher legten sie Lorbeerzweige auf die Weinfässer und Hühnerester, damit ihnen das Gewitter nicht schade. Der furchtsame Tiberius soll sogar bei Gewittern einen Lorbeerkranz auf den Kopf gesetzt haben.²⁾

Bei den Griechen und Römern ist demnach das Dasein einer selbst empirischen Kenntniß der Schutzkraft, welche metallene Leiter gegen Blitzschläge gewähren, höchst zweifelhaft, dagegen scheint im Orient allerdings eine solche empirische Kenntniß vorhanden gewesen zu sein.

In dem Werke des Ktesias, Leibarztes des persischen Königs Artaxerxes Mnemon, etwa 400 v. Chr., kommt eine Stelle vor, worin gesagt wird, daß die Inder Eisenstangen in den Boden steckten, um Wolken, Hagel und Blitzstrahlen abzuleiten. Ktesias selbst will es zweimal gesehen haben, indess muß bemerkt werden, daß er diese Eigen-

¹⁾ Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer II a. 140.

²⁾ Busch, Handb. d. Erfindungen II, 71.

schaft nicht jedem Eisen zuschreibt, sondern einem gewissen, das sich in Indien am Boden einer Quelle finde, die zugleich flüssiges Gold ausströme¹⁾. Ueberdies glaubten die Alten, daß das Eisen gar viele Uebel abwende, gegen Vergiftungen schütze u. s. w.

In neuerer Zeit hat auch der Franzose Paravay nachzuweisen gesucht, daß die Chinesen schon von Alters her zugespitzte Bambusröhre in den Boden gesteckt hätten um Gewitter abzuwehren, und er setzt diese Angabe in Verbindung mit den Spitzen, mit welchen das Dach des Salomonischen Tempels besetzt gewesen sein soll, in denen er gleichfalls Blitzableiter zu erkennen glaubte. Indefs ist diese Ansicht wohl ebenso schwach begründet als die, daß die Ketten, mit denen die Thürme der russischen Kirchen geschmückt sind, ursprünglich mit der Absicht, den Blitz abzuwehren, angebracht seien. Es wären dies wenigstens sehr unzuweckmäßige Blitzableiter, da sie nicht bis in den Boden reichen.

Alles zusammengefaßt sieht man, daß die Nachrichten über Blitzableiter bei den Alten sehr apokryph sind, und am allerwenigsten eine rationelle Kenntniß von den Ursachen der Wirkungen dieser Instrumente voraussetzen lassen. Nirgend finden wir eine entschiedene Angabe, daß die Alten das Wesen der Elektricität nur einigermaßen klar eingesehen hätten. Nicht einmal der Zusammenhang des Gewitters und des Elmsfeuers mit der Anziehung, welche geriebenes Elektron und Lynkurion auf leichte Körper ausüben, ist irgendwo bei ihnen ausgesprochen, und ebenso wenig kannten sie die abstossende Wirkung dieser Minerale. Es ist also sicher ganz unbegründet, ihnen jene tiefe Einsicht in das Wesen der elektrischen Polarität zuzuschreiben, welche einzelne neuere Schriftsteller in mythologischen Andeutungen zu erblicken glaubten.

¹⁾ Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer IIa. 140.

Magnetismus.

16. Auch die Lehre vom Magnetismus blieb bei den Alten in der ersten Kindheit; ihre Kenntnisse beschränkten sich hauptsächlich auf den natürlichen Magnet. Von der magnetischen Polarität besaßen sie nur empirisch einige sehr schwankende Vorstellungen, und die Magnetonadel blieb ihnen ganz unbekannt.

Zwar hat man dies bestreiten wollen und sich zu dem Ende auf mittelalterliche Schriftsteller berufen, auf Vincent de Beauvais, welcher gegen 1250 schrieb, und Albrecht v. Bollstaedt d. i. Albertus Magnus, die das Gegentheil bezeugen. Sie citiren Stellen aus einem arabischen dem Aristoteles zugeschriebenen Werk: *Das Buch der Steine*, worin deutlich von der Polarität des Magneten und dessen Gebrauch in der Schifffahrtskunst die Rede ist. Allein der gelehrte Sinolog Julius Klaproth hat gezeigt, daß jene von Vincent de Beauvais und Albrecht v. Bollstaedt citirten Stellen des arabischen Werks untergeschoben sind, indem sie nicht in der auf der pariser Bibliothek aufbewahrten Handschrift vorkommen, und daß das in arabischer Sprache auf uns gekommene Werk gar nicht von dem berühmten Aristoteles von Stagira her stammt, sondern von einem neueren Griechen gleichen Namens.

Freilich berichtet Diogenes Laertius, aber nur dieser allein, daß auch der berühmte Aristoteles ein ähnliches Werk geschrieben habe, jedoch soll dies den Titel: *Ueber den Stein* geführt haben, während der Titel des arabisch auf uns gekommenen *Das Buch der Steine* lautet, und überdies so voller Lächerlichkeiten ist, daß nicht zu glauben steht, es stamme von jenem erleuchteten Manne ab. Es wird z. B. darin gesagt, der Magnet ziehe Gold und Fleisch an. Außerdem geht aus unzähligen Stellen der Schriftsteller des klassischen Alterthums hervor, daß die Schiffer der Römer und Griechen durchaus ganz unbekannt waren mit dem Kompaß, und daß, wenn sie auf ihren Reisen sich von den Küsten entfernen mußten, sie bei Tage sich nach der Sonne und bei Nacht nach den Sternen richteten.

Das Einzige, was den Alten bekannt war, war die magnetische Eigenschaft des natürlichen Magneten, des Magneteisensteins. Ueber die Art, wie die Alten mit ihr bekannt wurden, hat uns Plinius ¹⁾ eine Fabel aufbewahrt, die er dem Nikander, einem griechischen Arzt zu Pergamum ums J. 160 v. Chr. nacherzählt. Danach soll der Hirte **Magnes** der Entdecker des Magnetsteins gewesen sein, indem er beim Hüten seiner Herde zufällig an einen Ort gerieth, wo die Nägel seiner Sandalen und die Eisen spitze seines Stabes so fest gehalten wurden, daß er Mühe hatte sich loszureißen. Er grub nach und fand so den Stein, der nun nach ihm *Magnetes* genannt wurde.

Andere verlegen diese Fabel nach Indien. Sie ist schon dadurch verdächtig, daß der Magnetstein in der ältesten Zeit den Namen *Lithos herakleia* führte, d. h. entweder Herkulesstein oder Stein von Heraklea, einer Stadt am Berge Sipylus in Lydien. Diese Stadt scheint später den Namen *Magnesia* bekommen zu haben, und daher wurde der Stein auch *Magnesia lithos*, Stein von *Magnesia*, **Magnes** oder *Magnetes* genannt. Auch heißt er *Lydia lithos*, *Lydike lithos*, lydischer Stein, später auch *Siderites lithos* wegen seiner eisenartigen Natur oder *Sideragogos*, weil er anzieht. *Aristoteles* nennt ihn schlechtweg $\eta \lambda\theta\omicron\varsigma$ den Stein.

Der Name **Magnes**, *Magnetes* behielt aber später die Oberhand, und dadurch ist bekanntlich der ganze Inbegriff von Erscheinungen, von denen dieser Stein einige zeigt, mit dem Namen des Magnetismus belegt.

Im Allgemeinen wußten die Alten nur, daß der natürliche Magnet das Eisen anziehe; von der magnetischen Abstossung scheinen sie in früherer Zeit keine Kenntniß gehabt zu haben. Indefs erwähnt doch *Lucret* (geb. 95 v. Chr.), daß der Magnet das Eisen nicht nur anziehe, sondern auch abstosse, daß er auch durch andere Körper hin auf das Eisen wirke, z. B. auf Eisenfeile, die in einem kupfernen Kessel befindlich sei.

¹⁾ *Historia nat. lib. XXXVI, cap. 25.*

Selbst die alten Aegypter scheinen einige Kenntniß von der doppelten Wirkung des Magnetsteins gehabt zu haben, denn Plutarch (geb. 50 n. Chr. zu Chaeronea, gest. 120 oder 130) erzählt in *De iside et osiride*, sie hätten den Magnet mit dem Namen Sprache des Horus und Sprache des Typhon belegt, es sind aber Horus und Typhon bei ihnen die Symbole der Vereinigung und Trennung in der Natur.

Indeß waren die Alten doch weit entfernt eine gründliche Kenntniß von der Polarität zu besitzen. Ihr Wissen war ein rein empirisches, von dessen Unvollkommenheit uns die Aeufserung des Plinius ein redendes Zeugniß ablegt, daß der Diamant dem Magnet seine Kraft gänzlich raube.

Meteorologie.

17. Das bisher Betrachtete gab eine Uebersicht von dem, was die Alten im Bereich der eigentlichen Physik wußten; wir wollen jetzt einen Blick in ihre meteorologischen Kenntnisse werfen. Bei dem glücklichen Klima, in welchem die Alten lebten, bei ihrem vielfachen Aufenthalt in freier Luft und ihrem aufgeweckten Geiste, kann es nicht in Verwunderung setzen, wenn man sie fast mit allen Erscheinungen bekannt findet, die sich in der Atmosphäre zutragen, und in der That giebt es wenige, die nicht von den Alten beobachtet und beschrieben wären, zum Theil mit solcher Treue, daß man darüber erstaunen muß. Sie geben zuweilen Umstände an, die man lange für gleichgültig oder unbedeutend hielt, bis eine tiefere Einsicht lehrte, daß sie wesentlich für die Entstehung der Phänomene sind. So giebt z. B. Aristoteles an, daß der Thau sich nur in heiteren und windstillen Nächten zeige. Man hat diese Bemerkung lange unbeachtet gelassen, bis man endlich die Ursache der Thaubildung in der Wärmestrahlung gegen den wolkenfreien Himmel fand, und damit einsah, daß Heiterkeit des Himmels und Ruhe der Luft zwei unumgängliche Bedingungen zum Auftreten dieser Erscheinung sind.

Andererseits würde man aber doch den Alten zu viel Ehre erweisen, wenn man ihre Meteorologie eine wissenschaftliche nennen wollte. Noch jetzt steht die Wissenschaftlichkeit der Meteorologie auf ziemlich schwachen Füßen, und die der Alten mußte aus zwei nahe liegenden Gründen im Zustand der Kindheit verbleiben. Sie kannten erstlich nur einen verhältnißmäßig sehr kleinen Theil der Erdoberfläche, und konnten sich also zu einer Allgemeinheit in der Betrachtung der Erscheinungen gar nicht erheben; mit den großen Luftströmungen z. B. vom Aequator zum Pol und zurück blieben sie deshalb ganz unbekannt. Zweitens entbehrten sie aller meteorologischen Instrumente, namentlich der beiden hauptsächlichsten des Barometers und Thermometers, mit deren Erfindung die wissenschaftliche Meteorologie erst beginnt.

Die Meteorologie war eine praktische Witterungskunde, wie wir sie noch heut zu Tage beim Landmann, Jäger und Schiffer antreffen, und auch ebenso vermischt wie diese mit mannichfachen Irrthümern und Vorurtheilen, wie sie denn u. A. glaubten, daß die Gestirne Einfluß auf die Witterung ausübten ¹⁾.

Ich will hier nicht alle meteorologischen Phänomene aufzählen, welche die Alten kannten und nicht kannten, sondern nur ein Paar namhaft machen, von denen man nicht glauben würde, daß sie ihnen bekannt gewesen wären, nämlich das Nordlicht und die Meteorsteine.

Das Nordlicht war Aristoteles offenbar bekannt, denn seine Beschreibung von am Himmel gesehenen feurigen Balken, die eine rothe Farbe hätten, paßt ganz auf dieses Meteor. Auch die Angaben von Seneca, Plinius u. A., es sei hell am Himmel gewesen, daß die Nacht dem Tage ähnlich war; der Himmel habe gebrannt, sei blutig gewesen u. s. w. lassen sich wohl auf nichts anderes, als auf das Nordlicht beziehen, welches auch bekanntlich in unseren Zeiten bisweilen, wenn auch nur selten, im südlichen Europa gesehen worden ist.

¹⁾ Ukert, Geogr. d. Gr. u. Römer IIa. 158.

Auffallend ist es indess einigermaßen, daß während wir so manche Hindeutung auf das Nordlicht bei den Alten finden, sich mit Gewißheit keine auf das Zodiakallicht bei ihnen nachweisen läßt, da doch dieses Phänomen in südlichen Gegenden ausgebildeter und deutlicher ist wegen des reinen Himmels als bei uns, und die Gelegenheit zu dessen Beobachtung jedenfalls sich häufiger darbietet als die vom Nordlicht ¹⁾).

18. Was die Niederfälle von Meteorsteinen, Meteoriten oder Aerolithen betrifft, so ist der berühmteste im Alterthum der, welcher sich 465 v. Chr. am Aegos Potamos oder Ziegenfluß in Thracien am Hellespont zutrug. Schon Aristoteles spricht von ihm und Plutarch hat den Stein, der eine sehr bedeutende GröÙe, eine Wagenlast, hatte, so gut beschrieben, als man es von der damaligen Zeit nur erwarten kann. Plinius berichtet, es habe Anaxagoras, der zur Zeit dieses Meteorfalls lebte, das Ereigniß vorausgesagt; dies ist aber wohl nur so zu verstehen, daß Anaxagoras gesagt hat, es fielen bisweilen solche Steine vom Himmel, denn prophezeien kann bis jetzt noch Niemand dergleichen Ereignisse. Merkwürdig ist hierbei noch die Behauptung von Anaxagoras, daß dergleichen Steine aus der Sonne stammten, eine Behauptung, die, insofern sie den Meteorsteinen einen kosmischen Ursprung ertheilt, mit der zuerst von unserm Landsmann Chladni begründeten Lehre zusammenfällt.

Bemerkt zu werden verdient auch noch, daß die Steine, welche im Orient eine göttliche Verehrung genossen und von den Griechen Bathylien genannt wurden, aller Wahrscheinlichkeit nach nichts anderes waren als Meteorsteine. Dahin gehört u. A. der von den Muhamedanern für heilig gehaltene Stein in der Kaaba zu Mecca, von dem Zamhascher, einer der Kommentatoren des Korans sagt, der Engel Gabriel habe ihn vom Himmel gebracht ²⁾. Uebri-

¹⁾ Ukert, ibid. IIa. 147.

²⁾ Chladni, Ueb. Feuermeteore etc. S. 184.

gens kann nicht jede Nachricht von Steinregen, die bei den Alten vorkommt, auf Meteorsteine bezogen werden, zuweilen sind damit auch nur Hagelfälle bezeichnet.

Dagegen leidet es keinen Zweifel, daß den Alten auch die Feuerkugeln bekannt gewesen seien, die wenigstens in der Regel nichts anderes sind, als die noch über der Erde schwebenden glühenden Meteorsteine. **Aristoteles** wußte sogar, daß die Feuerkugeln zuweilen rikochettiren oder Sprünge in ihrem Laufe machen, eine Erscheinung, die aus dem Widerstand der Luft abzuleiten ist, und von den Alten *Capra saltans* genannt wird. Auch die Chinesen kennen sie und geben ihr den Namen Himmlischer Hund.

Ueberhaupt haben die Alten, wie schon gesagt, die in die Sinne fallenden meteorischen Erscheinungen fast sämtlich und zwar sehr frühzeitig gekannt, wie man denn namentlich bei den ionischen Philosophen: **Anaximander** (geb. 610 zu Milet, gest. 546, Schüler des **Thales**), **Anaximenes** (aus Milet, um 550 lebend) und **Anaxagoras** (500 zu Klazomenae geb. und 428 gest. zu Lampsacus) zum Theil für ihre Zeit ganz vernünftige Ansichten findet, z. B. über die Winde, die nach ihnen entstehen, wenn die Sonne die feinsten oder feuchtesten Theile der Luft auflöst und in Bewegung setzt, oder die verdichtete Luft verdünnt, wie **Anaximenes** und **Anaxagoras** glaubten. Der Koryphäe unter den Meteorologen des Alterthums ist aber **Aristoteles**, der, wenn er auch die Meteorologie nicht zur Wissenschaft erheben konnte, sie doch durch viele und zum Theil sehr feine Beobachtungen bereicherte.

Physikalische Geographie.

19. Um das Bild von den physikalischen Kenntnissen der Alten zu vollenden, müssen wir noch einen Blick auf den Zustand ihrer physikalischen Geographie werfen. Begreiflich war auch diese, nach heutigem Maßstab gemessen sehr unvollkommen, besonders in den ersten Jahrhunderten. Dies zeigt sich zunächst in den Vorstellungen der Alten von der Gestalt und Größe der Erde, die in den

ältesten Zeiten zum Theil so kindisch waren, daß sie in späteren Zeiten das Gespött ihrer eigenen Philosophen und Naturforscher wurden.

So lange der Ideenkreis der Alten nicht viel über die Länder hinaus ging, welche das Mittelmeer umsäumen, war ihnen dieses Meer mit seinen Küstenländern und seiner Inselwelt gleichsam das Centrum der Schöpfung. Im Osten ließen sie die Erde durch Syrien und den Hellespont begrenzt sein, im Westen zwei Tagereisen hinter Sicilien endigen, und ohne die Gränzen nach Süden und Norden genau zu bestimmen, gaben sie dem Ganzen die Form einer flachen Scheibe, welche entweder unmittelbar auf hohen Gebirgen das eherne Himmelsgewölbe trug, oder noch erst von einem breiten Strom, dem Okeanos, umflossen ward.

Dies ist das Bild, welches man etwa 1000 bis 900 v. Chr. in den homerischen Gesängen von der Erde aufgestellt findet. Es erhielt sich sehr lange unter den Griechen, nur etwas abgeändert in dem Maße, als sich ihre Länderkenntniß erweiterte. Man verschob die Gränzen der Gaa im Westen bis zu den Säulen des Herkules, im Osten bis über den Bosphorus hinaus nach Kolchis; man ließ den Himmel auf dem Rücken des mächtigen Atlasgebirges ruhen und die Unterwelt, Hades, Tartarus, durch einen Arm des Okeanos, den Styx, bewässern.

Bei solchen und ähnlichen Abänderungen der anfänglichen Vorstellung blieb indeß die Annahme einer flachen oder scheibenförmigen Gestalt der Erde beibehalten. **Thales** dachte sich das Himmelsgewölbe als eine Hohlkugel zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und darauf schwimmend die Erde in Gestalt einer Walze, Säule oder Trommel, oder wie Andere bloß in Bezug auf die Breite sagten, wie ein Platanenblatt oder Brett. Nach **Thales** war also das Weltall gleichsam ein Ei und die Erde der Dotter darin. Einige spätere Schriftsteller haben dem **Thales** zwar gesündere Ansichten unterlegen wollen; allein **Aristoteles** und **Seneca** widersprechen dem ausdrücklich, und dieser Widerspruch

findet in den Lehren der Schüler von **Thales**, soweit wir sie kennen, eine nähere Bestätigung.

Von **Anaximander's** Ideen über die Gestalt der Erde läßt sich zwar nichts Bestimmtes angeben, aber von **Anaximenes**, seinem Freund und Schüler, weiß man, daß er sich die Erde als eine runde Tischplatte dachte. Aehnlich waren die Meinungen von **Pherecides**, **Leucipp**, **Empedokles** und vielen Anderen. Noch zu **Sokrates** Zeiten (470—400) war es zweifelhaft, ob die Erde flach oder rund sei, denn dieser wandte sich an seinen Lehrer **Anaxagoras** mit der Frage, welche Ansicht er für richtig halte. So viel Schwierigkeit machte die Auffindung einer Wahrheit, die uns, weil wir sie von Jugend auf vernehmen, ganz offen dazuliegen scheint.

20. Wer zuerst die Idee von einer Kugelgestalt der Erde aufgestellt habe, läßt sich nicht mit Bestimmtheit angeben, ebensowenig, wann sie aufgekommen ist. Wahrscheinlich ist sie längst von dem einen oder anderen hellen Kopf gehegt worden, während die Masse noch den Vorstellungen von der flachen oder scheibenförmigen Gestalt anhing. Einige nennen **Thales** als den Urheber der richtigen Ansicht, und dies wäre insofern nicht unglaublich, als derselbe durch längeren Aufenthalt in Aegypten astronomische Kenntnisse eingesammelt hatte, so daß er angeblich sogar 610 v. Chr. eine Sonnenfinsterniß vorher sagen konnte. Allein **Aristoteles** bestreitet dies und von **Thales** selbst haben wir keine Schriften, die darüber entscheiden könnten.

Andere legen **Pythagoras** die Ehre bei, zuerst die Kugelgestalt der Erde erkannt zu haben, noch Andere dem **Anaxagoras**. Wie dem auch sei, ums Jahr 450 finden sich schon mehrfache Spuren von dieser Lehre, und zu **Plato's** Zeit wurde dieselbe bestimmt von mehreren Philosophen vorgetragen, so namentlich von **Philolaus** und **Eudoxus** von Knidos, wie wohl es von **Plato** selbst zweifelhaft oder unklar ist, was eigentlich seine Meinung war. **Plato**, eigentlich **Aristokles**, war 429 v. Chr. zu Athen geboren und daselbst 348 gestorben.

Zu **Aristoteles** Zeit war die Lehre von der Kugelgestalt schon ganz die herrschende, und er selbst führt mehrere sehr triftige Gründe an, weshalb die Erde diese Gestalt haben müsse, so die Form des Erdschattens bei Mondfinsternissen, die Verschiedenheit in der Lage des Horizonts u. a. m. Auch **Archimedes** lehrte, daß die Erde und das sie umgebende Wasser wegen der Gestalt der Tropfen die Form einer Kugel habe.

Der Grund, weshalb die Lehre von der Kugelgestalt so spät aufkam und selbst, nachdem sie aufgestellt war, noch Zweifler und Widersacher fand, lag darin, daß man sich nicht klar zu machen vermochte, was denn die Erde halte, wiewohl diese Frage auch bei der Scheibengestalt der Erde nicht erledigt ward. Die älteren Philosophen der Griechen benahmen sich bei dieser Frage wie die Inder, welche die Erde von einem Elefanten tragen lassen, ohne sich darum zu kümmern, worauf denn dieser seine Füße setzt. Einige griechische Philosophen ließen sie auf Wasser schwimmen, andere, wie **Anaximenes** und **anaxagoras** auf verdickter Luft. **Empedokles** lehrte, die Erde werde durch den schnellen Kreislauf des Himmels gehalten, ebenso wie Wasser, das man in einem Gefäße im Kreise herumschwenkt, und **Xenophanes**, ein Schüler des **Archelaos** durchschnitt den gordischen Knoten damit, daß er sagte, die Erde falle deshalb nicht, weil ihre Wurzeln sich bis ins Unendliche erstrecken.

Eine genügende Antwort auf die Frage, was denn die Erde im Himmelsraum halte, sind die Alten schuldig geblieben aus dem einfachen Grunde, weil sie der überwiegenden Mehrzahl nach sich zu der Ansicht bekannten, daß die Erde ruhe, im Weltall still stehe. In dieser freilich sehr irrigen Ansicht haben Einige indels auf jene Frage eine Antwort gegeben, die ganz plausibel erscheint, und daher auch von ihren größten Astronomen und Mathematikern angenommen wurde. Sie sagten, das Himmelsgewölbe ist eine massive Hohlkugel, in deren Mitte sich die Erde befindet. Warum sollte die Erde fallen; es ist

ja kein Grund vorhanden, warum sie eher nach der einen Richtung als nach der andern fallen sollte. Sie muß von selbst schweben bleiben, sie braucht nicht gehalten zu werden.

Diese Ansicht findet sich schon bei **Anaximander**, und hat sich noch erhalten bis herab zum letzten und ausgezeichnetsten Astronomen der Griechen **Ptolemaeus**. Einzelne Männer waren zwar anderer Meinung, wie ich sogleich etwas näher auseinander setzen werde, allein sie drangen nicht durch. Die Mehrzahl der Alten und darunter grade die Männer von Fach, die Mathematiker, Astronomen und Geographen blieben der Lehre zugethan, daß die Erde im Mittelpunkt des Weltalls ruhe, und der Himmel sich um sie drehe.

Größe der Erde.

21. Nachdem die Alten zu der Einsicht gelangt waren, daß die Erde eine Kugelgestalt besitzen müsse, suchten sie die Größe dieser Kugel zu bestimmen. Schon vor **Aristoteles** scheinen dergleichen Versuche gemacht worden zu sein, denn er sagt in seinem Buche *De Coelo*, es hätten alle Mathematiker den Umfang der Erde = 400 000 Stadien gefunden. Wie man zu diesem Resultat gelangt ist, giebt er nicht an; jedenfalls ist es sehr unrichtig, fast doppelt so groß als es sein mußte. **Archimedes** setzt den Umfang der Erde auf 300 000 Stadien. Es war dies die gewöhnliche Annahme zu seiner Zeit, die, wie man meint, von einem seiner Zeitgenossen **Aristarch** von Samos herrührt, einem geistreichen und geschickten Beobachter, der im J. 267 v. Chr. auf der Insel Samos geboren wurde. Ob diese Angabe mehr als eine Schätzung war, wissen wir nicht; jedenfalls ist auch sie noch bedeutend zu groß, wenn man in runder Zahl das Stadium = $\frac{1}{40}$ geogr. Meile setzt.

Die erste historisch nachgewiesene Messung der Erde unternahm **Eratosthenes** (geb. zu Alexandrien 276 v. Chr.), ein vielseitig gebildeter Mann, der zugleich Philosoph,

Literat, Dichter, Mathematiker und Astronom war, und an der großen Bibliothek zu Alexandrien das Amt eines Bibliothekars verwaltete. Er glaubte beobachtet zu haben, daß die Stadt Syene in Ober-Aegypten genau unter dem nördlichen Wendekreis liege, d. h. daß daselbst zur Zeit des Sommersolstitiums am Mittage die Sonne genau im Zenith stehe, also der Stift des Gnomons keinen Schatten werfe. Er glaubte ferner gefunden zu haben, daß Alexandrien mit Syene genau in einem Meridian liege, und daß daselbst zur Zeit des Sommersolstitiums am Mittage die Sonne um $\frac{1}{50}$ der Peripherie ($7^{\circ} 12'$) vom Zenith entfernt bleibe. Er setzt die Entfernung beider Städte = 5000 Stadien. Dies wäre nun auch nach seiner astronomischen Beobachtung = $\frac{1}{50}$ des Umfangs der Erde, und der gesammte Umfang betrüge hiernach also 250 000 Stadien.

In dieser Messung ist mehreres ungewiß und ungenau. Was war ein Stadium? nach Einigen gab es zweierlei Stadien, ein ägyptisches = 50 Toisen oder 300 par. Fuß, und ein olympisches = 95 Toisen oder 570 par. Fuß d. i. etwa $\frac{1}{40}$ geogr. Meile. Es fragt sich nun, selbst bei der Annahme, daß es nur ein Stadium, das griechische, gab, wie maß Eratosthenes die Entfernung beider Städte? am wahrscheinlichsten durch die Zeit nach Reiseberichten. Ferner lag Syene nicht im Meridian von Alexandrien, sondern 3° östlich, und endlich war der Parallelismus der Sonnenstrahlen eine Hypothese. Auf jeden Fall ist das Resultat etwas zu groß, der Grad wäre danach 68 000 Toisen, während er in Wahrheit etwa 57 000 Toisen ist. Dennoch erlangte diese Messung im Alterthum eine große Berühmtheit und das mit allem Recht, denn jeder Schritt zu einer neuen Bahn verdient die höchste Anerkennung.

Etwa zwei Hundert Jahre nach Eratosthenes stellte Posidonius eine ähnliche Messung an. Derselbe war zu Apamea in Syrien 103 v. Chr. geboren, lehrte zu Rhodus stoische Philosophie und starb in Rom zu Zeiten Cicero's, mit dem er befreundet war. Seine Messung beruhte auf keinem neuen Princip und besaß auch an Genauigkeit

keinen Vorzug. Posidonius glaubte beobachtet zu haben, daß der Stern Kanopus im Schiffe Argo, der zur Zeit seiner Kulmination den Horizont der Stadt Rhodus auf der gleichnamigen Insel so eben berührte, zu derselben Zeit in Alexandrien um $\frac{1}{48}$ der Kreisperipherie über dem Horizonte stehe. Die Entfernung zwischen Rhodus und Alexandrien setzte er ebenfalls auf 5000 Stadien, wonach also der gesammte Umfang der Erde 240 000 Stadien betragen würde.

Nach Strabo hat Posidonius später seine Messung berichtigt, indem er gefunden, daß die Entfernung zwischen Rhodus und Alexandrien nur 3750 Stadien betrug. Danach wäre der Erdumfang 180 000 Stadien, ein offenbar richtigeres Resultat, das sich auch in der Geographie von Ptolemaeus findet, ohne daß man weiß, woher er diese Zahl genommen hat.

22. Nachdem sich bei den Alten die Ansichten über die Gestalt und Größe der Erde geläutert hatten, bildeten sich auch ihre Kenntnisse in den übrigen Zweigen der physikalischen Geographie mehr aus, namentlich in denjenigen, die man jetzt unter dem Namen der mathematischen Geographie zusammenfaßt. Wir finden sie namentlich ausgebildet bei Eratosthenes, Posidonius, Geminus (77 v. Chr.), Ptolemaeus. Die Unterscheidung zweier Pole, des Aequators, der Wendekreise, der arktischen Kreise, der Längen- und Breitengrade, der Zonen u. s. w. schreibt sich aus den Werken dieser Alten her, wie sie auch die ersten Versuche machten die Oberfläche der Erde auf Globen und Planigloben darzustellen. Sie sahen auch ein, daß der ihnen bekannte Theil der Erde nur ein kleiner Theil der gesammten Erdoberfläche sei, und der Umstand, daß dieser Theil mehr lang als breit war, hat eben zu den Namen geographische Länge und Breite Anlaß gegeben.

Von den fünf Zonen, welche sie annahmen, hielten sie nur die beiden gemäßigten, welche durch die heiße getrennt waren, für bewohnt. Wiewohl sie also der Bewohnbarkeit der Erde Gränzen steckten, die wir jetzt nach

Norden und Süden weit überschritten finden, so ließen sie doch die Möglichkeit von Bewohnern zu, die nur diametral gegenüber lebten und ihre Füße den unsrigen zukehrten, sie statuirten also Antipoden. Die Lehre von Antipoden findet sich schon bei Plato, und einige schreiben sie sogar dem Pythagoras zu.

Aber neben diesen ganz richtigen Ansichten finden wir auch sehr viele Irrthümer und Vorurtheile. So z. B. sind sie offenbar über das wichtigste astronomische Phänomen für die Physik der Erde, über die Jahreszeiten, nicht ins Klare gekommen. Abgesehen nämlich davon, daß sie das scheinbare Auf- und Absteigen der Sonne für eine wahrhafte Bewegung dieses Gestirns in Richtung des Meridians ausgaben, und über den Grund dieser Bewegung keine Auskunft zu geben vermochten, hatten sie auch eine falsche Vorstellung über die Ursache der mit diesem Auf- und Absteigen verknüpften Temperaturschwankungen. Sie schrieben diese einer periodischen Veränderung in dem Abstände der Sonne von der Erde zu, während sie in Wirklichkeit bloß von der verschiedenen Neigung der Sonnenstrahlen gegen den Horizont oder die Erdaxe herührt.

23. Ebenso unvollkommen blieb bei den Alten die physikalische Geographie im engeren Sinne des Worts, die Lehre von den physikalischen Erscheinungen auf der Oberfläche der Erde, soweit sie das Land und das Wasser betrifft. Sie hatte ungefähr gleichen Charakter mit ihrer Meteorologie, d. h. sie kannten historisch und empirisch die meisten der hierher gehörigen Erscheinungen, verstanden aber nicht, sie zu verknüpfen und auf ihre Ursachen zurückzuführen.

Eine Geologie, die da Rechenschaft gegeben hätte von der Entstehung der Gebirge, der Vulkane, Erdbeben und ähnlichen Erscheinungen, existirte noch nicht bei ihnen, oder es waren die Bemühungen so unvollkommen und verkehrt, daß sie für die Folgezeit von keinem Einfluß auf den Gang der Wissenschaft wurden. Allenfalls könnte

man hierher die Lehre vom Centralfeuer rechnen, die in neuerer Zeit, freilich in sehr geläuterter Gestalt, zu großem Ansehen gelangt ist. Uebrigens maßen die Alten schon Berghöhen mit Winkelinstrumenten, die Dioptern hatten. Eratosthenes, Ptolemaeus u. A. geben an, daß kein Berg höher als 10 bis 15 Stadien sei, was wenigstens richtiger ist als die Angabe von Plinius, daß mehrere Spitzen der Alpen eine Höhe von 50 Millien d. i. 10 geogr. Meilen besäßen.

24. Sonstige Gegenstände ihres Nachdenkens waren die Flüsse, die Seen, das Meer, besonders die Quellen, über deren Entstehung sie mancherlei Hypothesen aufstellten. Auch die Erscheinung der Ebbe und Fluth entging ihnen nicht, wiewohl sie erst ziemlich spät mit derselben bekannt wurden, da das mittelländische Meer ihnen keine Gelegenheit gab, dieses Phänomen zu beobachten.

Angeblich ist Pytheas aus Massilien, dem heutigen Marseille, einer griechischen Kolonie, der erste Grieche gewesen, der Ebbe und Fluth aus eigener Anschauung kennen lernte. Er lebte zur Zeit Alexanders des Großen und machte eine Reise hoch nach dem Norden, bis zur Insel Thule, vermuthlich dem heutigen Island, da er angiebt, in einem Lande gewesen zu sein, wo die Sonne zur Zeit des Sommersolstitiums nicht untergehe oder den Horizont in der Nacht eben berühre. Auf dieser Reise beobachtete er das Phänomen der Ebbe und Fluth, und was wichtiger als das ist, er sah auch dessen Zusammenhang mit dem Gang des Mondes ein. So wie indels Plutarch und Plinius die Sache berichten, hätte Pytheas eine sehr unrichtige Meinung von dem Einfluß des Mondes gehabt, denn diese lassen ihn die Fluth von dem Vollmond und die Ebbe vom Neumond ableiten. Vermuthlich haben aber Plutarch und Plinius den Pytheas mißverstanden, denn daß die Fluth nicht einmal monatlich, sondern täglich zweimal eintrete, konnte ihm unmöglich entgangen sein.

Ueberhaupt war den Griechen bis zu den Zeiten Alexanders des Großen das Phänomen der periodischen

Meeresoscillationen wenig bekannt. Man weiß, wie sehr die Krieger Alexanders erstaunten, als sie an den Küsten Indiens das Meer sich in dem Grade zurückziehen sahen, daß die Schiffe aufs Trockne gesetzt wurden; und wenn man auch dieses Zeugniß nicht hoch in Anschlag bringen will, da es sehr wohl möglich wäre, daß den Feldherren und Kriegsleuten unbekannt blieb, was die Philosophen und Naturforscher schon längst wußten, so ist es doch auffallend, daß in den auf uns gekommenen Schriften des Aristoteles nichts über Ebbe und Fluth zu finden ist. Dagegen waren die späteren Griechen und die Römer mit dem Phänomen näher bekannt, wozu wohl die Kriege in Iberien, Gallien und Britannien Veranlassung gaben. Caesar spricht im vierten Buch seines gallischen Krieges davon. Ja, wenn es gegründet ist, was Strabo (geb. 19 n. Chr. zu Amasia in Kappadocien) erzählt, so hätte man lange vor Pytheas eine vollkommenere Kenntniß von Ebbe und Fluth gehabt als diesem scheint zugeschrieben werden zu können. Nach Strabo hätten nämlich die Phönicier schon gewußt, daß es in den periodischen Oscillationen drei Perioden gebe: 1) tägliche nach dem Durchgang des Mondes durch den Meridian unten und oben; 2) monatliche, zufolge denen die stärksten Fluthen zur Zeit des Voll- und Neumondes, die schwächsten zur Zeit des ersten und letzten Viertels, eigentlich $1\frac{1}{2}$ Tage später, eintreten; 3) jährliche, zufolge welchen in den Aequinoktien die Fluthen zur Zeit der Syzygien stärker als in den Quadraturen seien und umgekehrt.

Möglich ist dies wohl, da bekanntlich die Phönicier schon sehr frühzeitig durch die Säulen des Herkules zu den kassideritischen Inseln d. i. Britannien schifften, um Zinn zu holen. Es legt ein gutes Zeugniß von ihrer Beobachtungsgabe ab, kann uns aber doch nicht veranlassen, ihnen eine gründliche Einsicht in die Ursache des Phänomens zuzuschreiben, denn dazu sind anderweitige Kenntnisse, die Kenntniß der allgemeinen Gravitation erforderlich, welche den Alten vollkommen unbekannt blieb.

Zweiter Zeitraum.

Von der Zerstörung Alexandriens bis zur Stiftung der Akademien im XVII. Jahrhundert.

25. Die Eroberung von Alexandrien und die Vernichtung der dortigen Bibliothek kann als das Ereigniß betrachtet werden, mit welchem die klassische Bildung ihren Untergang nahm oder ihren letzten Stützpunkt verlor. Man muß indeß nicht glauben, als sei damit all und jede Spur dieser Bildung ausgerottet worden, denn einerseits überlebten mehrere der alexandrinischen Gelehrten dieses tragische Ereigniß, andererseits lebten in dem weiten byzantinischen Reich immer noch einige Männer von wissenschaftlicher Bildung, nur lebten sie vereinzelt und zerstreut.

Man kann den großen nun folgenden mehr als tausendjährigen Zeitraum ganz füglich in zwei kleinere Perioden zerfällen, die sowohl ihrem Geiste wie ihrem Gehalte nach sehr wesentlich verschieden sind. Die erste umfaßt die Leistungen der Araber von ihrem ersten Auftreten auf dem Felde der Wissenschaft an bis zu ihrem Rücksinken in den Zustand der politischen und geistigen Bedeutungslosigkeit. Die zweite beginnt mit dem Wiederaufleben der Wissenschaften in Europa, wie sie namentlich zu Anfang des XIII. Jahrhunderts durch die Gründung der Universitäten näher bezeichnet wird, und sie reicht in immer steigender Entwicklung bis zu Ende des von uns betrachteten Zeitraums.

Erste oder arabische Periode.

26. Der wunderbare Impuls, welchen Mahomet seinen Landsleuten einzuprägen gewulst hatte, machte diese in den ersten 150 Jahren nach seinem im J. 632 erfolgten Tode zu einem rein erobernden Volke. Gleich einem verheerenden Strome ergofs es sich nach allen Seiten über die Gränzen seines Heimathlandes, um der neuen Lehre mit dem Schwerte Bahn zu brechen. Es entriß in Asien dem byzantinischen Reiche eine Provinz nach der andern, eroberte Persien, fiel in Aegypten ein, unterjochte mit diesem das ganze nordafrikanische Küstenland, und machte sich Spanien bis auf die kleine Provinz Asturien unterwürfig; so innerhalb eines einzigen Jahrhunderts ein Reich begründend, das an Umfang und Ausdehnung sogar noch das alte Römerreich überbot.

Gegen das Ende des VIII. Jahrhunderts, da innere Zerwürfnisse schon an der Auflösung des großen Reiches nagten, und einzelne Provinzen sich bereits als selbstständige Staaten von dem Ganzen abgetrennt hatten, legte oder mäßigte sich diese wilde Eroberungssucht und es erwachte ein Sinn für Kunst und Wissenschaft bei den Arabern, der eine um so merkwürdigere Erscheinung ist, als er weder vor noch nach der Zeit bei diesem Volke angetroffen wird. Das Vorübergehende dieser Erscheinung wird indels erklärlich, wenn man erwägt, daß diese Kultur sich nicht von unten herauf in der Masse des Volks ausbildete, sondern nur von oben her geweckt und gepflegt wurde. Es waren die Höfe der Kalifen und Fürsten, wo die Wissenschaften zuerst eine Freistätte fanden, und auf längere Zeit sich erhielten. Von da aus gingen sie später allerdings in größere Kreise über, ohne jedoch bei dem jeder freien Geistesrichtung so feindseligen Islam in dem Volke diejenige breite und feste Basis zu gewinnen, welche zu einer dauernden und erfolgreichen Kultur derselben schlechterdings nothwendig ist. Die Wissenschaft war und blieb bei den Arabern eine Treibhauspflanze, die verdorrte, sobald der Gärtner seine Hand von ihr abzog.

Die Kalifen des ersten Jahrhunderts der Hegira waren zu gute Moslems, als daß sie von den verhaßten und verachteten Christen hätten etwas annehmen sollen. Bekannt ist die Erzählung, daß der Kalif Omar auf die Frage des Kommandanten von Alexandrien, was mit der großen Büchersammlung daselbst anzufangen sei, ihre Vernichtung anbefohlen habe, weil in diesen Schriften entweder stehe, was im Koran enthalten ist, und sie dann überflüssig seien, oder sie etwas anderes enthielten, und dann gottlos wären. Mag diese Geschichte auch zweifelhaft sein, so widerspricht sie doch nicht dem Charakter des Kalifen und seiner Zeit.

Als indess die Familie der Abassiden den Thron bestieg, änderte sich dies ungünstige Verhältniß. Durch Griechen aus den unterjochten Provinzen, die schon seit geraumer Zeit in nicht unbeträchtlicher Zahl Dienste bei ihnen genommen hatten, waren sie mit der Weisheit der Alten bekannt geworden; sie gewannen Geschmack an den Wissenschaften in dem Grade, daß sie, nachdem sie zur Herrschaft gelangt waren, sich zu Beschützern derselben aufwarfen.

27. Der erste auf dieser rühmlichen Bahn war Abu Giafar, gewöhnlich Al Mansur der Sieghafte genannt. Er selbst, wohl bewandert in der Philosophie und Astronomie der Alten, berief von nah und fern Gelehrte an seinen glänzenden Hof und machte dadurch Bagdad, das er 764 erbaut hatte, zum Mittelpunkt einer Kultur, die von hier aus mehr denn hundert Jahre sich über das ganze Saracenen-Reich verbreitete. Noch mehr in diesem Sinne wirkte Harun al Raschid d. i. Aron der Gerechte, der von 786 bis 809 regierte. Er fuhr fort Gelehrte nach Bagdad zu berufen, ließ von ihnen die vorzüglichsten Werke der Alten ins Arabische übersetzen und was noch mehr sagen will, sorgte dafür, daß diese Uebersetzungen durch zahlreiche Abschriften unter das Volk verbreitet wurden. Er stand auch mit Karl dem Gr. in Verbindung, welchem er zu seiner Kaiserkrönung werthvolle Geschenke sandte, worunter besonders eine Wasseruhr merkwürdig war, welche

einen Zeiger hatte und den Wechsel der Stunden durch kleine Kugeln angab, welche klingend auf eine Metallplatte fielen ¹⁾).

Ganz besonders zeichnete sich der Kalif Abdallah al Mamun aus, der zweite Sohn von Harun al Raschid, welcher 813 den Thron bestieg. Er selbst war durch einen christlichen Arzt Joh. Mesua, einen Griechen, in den Wissenschaften unterrichtet, und sowie er zur Regierung gelangte, ging sein eifriges Bestreben dahin, dieselben zu beschützen und unter seinem Volk zu verbreiten. Er gründete Schulen und Bibliotheken zu Bagdad, Bassora, Bochara, Kufa, Alexandrien und Kahira. Als ein namhafter Beweis seiner Liebe zu den Wissenschaften mag angeführt werden, daß er in einem Frieden, den er als Sieger mit dem byzantinischen Kaiser Michael III. abschloß, diesem die Bedingung machte, ihm Exemplare von allen griechischen Werken zu überliefern. Auf seine Veranlassung wurde auch im J. 827 eine Gradmessung in der Wüste Singar am Arabischen Meerbusen ausgeführt, deren Resultate weiterhin angegeben sind.

Auch unter den Nachfolgern Al Mamun's finden sich Fürsten von gleichem Geiste, und wohl läßt sich glauben, daß bei längerem Bestande des Kalifats auch die Früchte dieses rühmlichen Strebens nachhaltiger gewesen wären. Sowie auf solche Weise die Abassiden im Orient die Wissenschaft schützten und pflegten, so errichteten ihr die Ommajaden in Spanien eine zweite Freistätte, welche an Dauer und besonders an Einfluß auf das christliche Europa jene am Euphrat bei Weitem überbot.

Was Bagdad für den Orient war, das wurde Cordova für Spanien, nachdem Abdurrhaman I. es zur Hauptstadt eines unabhängigen Kalifats im J. 756 erhoben hatte. Von dieser Zeit an bis ins X. Jahrhundert regierten nacheinander drei Abdurrhaman und ein Al Hakem mit solcher Milde und Weisheit, daß wahrscheinlich Spanien niemals so glücklich gewesen ist unter einem christlichen Fürsten.

¹⁾ Becker, Weltgesch. V, 171; dritte Aufl. v. Ed. Arnd.

Al Hakem gründete die hohe Schule zu Cordova, die bald eine solche Berühmtheit erlangte, dass nicht nur die arabische Jugend von nah und fern zu ihr hinströmte, sondern man auch sogar von 900 an aus dem christlichen Europa, aus Frankreich, England, Italien und Deutschland dahin reiste, um die von den Arabern konservirte Weisheit der Alten zu studiren, namentlich aristotelische Philosophie, Mathematik und Medicin. Im X. Jahrhundert enthielt die Bibliothek zu Cordova 280 000 Bände, und der Katalog derselben füllte nicht weniger als 44 Bände. Als Ferdinand der Heilige nach langem Kampf mit den Mauren 1236 Cordova eroberte, wurde diese berühmte Bibliothek, die grösste der damaligen Welt, die einen so überaus reichen Schatz von Werken des Alterthums in Uebersetzungen enthielt, auf Befehl des Kardinals Ximenes den Flammen überliefert ¹⁾. Sevilla, Toledo, Murcia hatten ebenfalls ihre hohen Schulen und Bibliotheken, die unter den Arabern zur Berühmtheit gelangten. Im XII. Jahrhundert zählte man in dem ihnen unterwürfigen Theil von Spanien 14 hohe Schulen und 70 öffentliche Bibliotheken, und hiermit parallel ging die Zahl der Autoren, an welche freilich wir wohl nicht immer den heutigen Masstab anlegen dürfen. Cordova zählte 150 Autoren, Almeria 52, Murcia 62.

28. Wären die Fortschritte der Wissenschaften unter den Arabern proportional gewesen der Zahl derer, welche sie kultivirten, so würden wir ihnen unsere Bewunderung nicht versagen können. Allein mit Bedauern muß man bekennen, daß ungeachtet der erleuchteten Absichten mehrerer ihrer Kalifen, ungeachtet der großen Zahl von hohen Schulen und Bibliotheken und der außerordentlichen Menge von Schriftstellern, die Wissenschaften dennoch unter der Hand dieses Volkes nur wenig gefördert wurden.

Das Hauptverdienst der Araber, was ihnen schon allein gerechten Anspruch auf den Dank der Nachwelt erwirbt, bestand, wie schon erwähnt, darin, daß sie die Weisheit

¹⁾ Höfer, Histoire de la Chimie I, 205.

der alten Griechen bewahrten und vor dem Untergang retteten. Was sie aus sich selbst hinzufügten, war wenig, vielleicht weniger, als es uns heut zu Tage erscheint, da sie hin und wieder aus Quellen geschöpft haben, die uns nicht bekannt sind.

Von verschiedenen Erfindungen wenigstens, die man wohl früher den Arabern zuschrieb, hauptsächlich deshalb, weil wir sie von ihnen und mit arabischen Namen belegt erhielten, ist es später erwiesen, daß sie nicht arabischen Ursprungs sind, sondern von östlichen Völkern, Indern und Chinesen herstammen. Dies gilt namentlich von unserem gegenwärtigen Zahlensystem, von der Algebra, der Bussole, dem Schießpulver, Lumpenpapier, Alkohol u. s. w.; die Ziffern empfangen die Araber nach Humboldt ¹⁾ im VI. Jahrhundert der Hegira von den Persern. Bei diesen und ähnlichen Erfindungen waren die Araber nur die Vermittler, welche Europa mit den Künsten des fernen Orients bekannt machten, und die Wissenschaften, welche sie kultivirten, waren im Grunde dieselben, denen die Alten oblagen, nämlich außer Philosophie, die Mathematik, Astronomie, Geographie, Physik und Medicin.

Außerdem finden wir noch eine Wissenschaft bei ihnen, über welche die Alten uns keine Werke hinterlassen haben, und welche man daher wohl als ein Erzeugniß der Araber angesehen hat, nämlich die Chemie oder Alchemie.

Chemie.

29. Die Chemie, die man von allgemeinem Gesichtspunkt aufgefaßt, offenbar nur für einen Zweig der Physik gelten lassen kann, ist hinsichtlich ihres Ursprungs sehr dunkel. Chemische Künste, die Gewinnung und Bearbeitung der Metalle, die Bereitung von Glas, Seife, Brod, Bier, Farben, Medikamenten u. s. w. sind von den Römern und Griechen und lange vor beiden von den Aegyptern vielfach betrieben worden. Allein von einer einigermaßen

¹⁾ N. Quat. Journ. VII, 310.

wissenschaftlichen Erkennung der hierbei obwaltenden Operationen, von einer Systematisirung der hierzu erforderlichen Kenntnisse findet sich bei den Alten keine Spur. Selbst das Wort Chemie kommt bis zu Plinius Zeiten und später nicht vor; wann dasselbe sowie das verwandte Wort Alchemie nebst dem damit verknüpften Begriff der Metallveredlung und Metallverwandlung eigentlich aufgekomen, läßt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden, aber es giebt hinreichende Gründe zu der Annahme, daßs beides, Wort und Sache, lange vor dem Einfall der Araber in Aegypten in diesem Lande existirte.

So hat der Lexikograph Suidas, der im XI. Jahrhundert zu Byzanz lebte und ein umfangreiches Realwörterbuch schrieb, in diesem einen Artikel χημεία und darunter die Erzählung: Kaiser Diokletian habe im J. 296 nach Besiegung der empörten Aegypter diesen ihre Bücher, die von der Zubereitung des Goldes und Silbers handelten, περὶ χημείων χρυσοῦ καὶ ἀργυροῦ, verbrennen lassen, damit sie nicht zu reich würden und abermals Lust zu Aufständen bekämen.

Dasselbe berichtet Johannes von Antiochien, der im VII. Jahrhundert lebte. Das Dekret findet sich indeß nicht in den durch Justinian veranlaßten Digesten, wie jenes, welches derselbe Kaiser auf die Mathematiker, Astrologen und mystischen Uebelthäter herabschleuderte. Man hat daher die Richtigkeit der Angabe und somit das Hinaufreichen der Chemie bis in jene Zeit bezweifeln wollen, allein es giebt doch noch anderweitige unverdächtige Zeugnisse, welche dieselbe bestätigen. So kommt das Wort Chemie schon bei Zosimos von Panopolis vor, einem Griechen, der in der ersten Hälfte des V. Jahrhunderts zu Alexandrien lebte, und viele, angeblich 21 oder 28 Schriften chemischen und alchemistischen Inhalts verfaßte. Noch früher im II. Jahrhundert spricht Alexander Aphrodisiensis, der berühmte Kommentator des Aristoteles, von chymischen oder chymischen Instrumenten, διὰ χυμικῶν ὀργάνων, bei Gelegenheit, wo von Schmelzen und Kalciniren die Rede ist. Ein

noch älteres Zeugniß liefert **Jul. Maternus**, ein römischer Schriftsteller unter der Regierung Konstantin's des Gr., also zu Ende des III. und Anfang des IV. Jahrhunderts; derselbe spricht von der scientia chymiae, wie die Handschriften haben, während in den späteren Druckschriften alchemiae steht.

30. Offenbar sind die Wörter $\chi\eta\mu\acute{\iota}\alpha$ oder $\chi\eta\mu\epsilon\acute{\iota}\alpha$ älter als das Wort Alchemia, und wahrscheinlich ist letzteres nur aus ersteren gebildet durch Vorsetzung des arabischen Artikels al, um dem Worte eine größere Wichtigkeit zu verleihen, wie das in mehreren Fällen geschehen ist. So ist das Wort Alembic, Helm, gebildet aus Al und ambix ($\acute{\alpha}\mu\beta\acute{\iota}\xi$ Topf, Destillirhelm) oder ambica von $\acute{\alpha}\mu\beta\acute{\iota}\alpha$, welches schon **Dioskorides** gebraucht. Derselbe, ein griechischer Arzt aus Anazarbus (Caesarea augusta) in Cilicien im I. Jahrh. n. Chr., Verfasser einer *Materia medica*, bezeichnet damit das Gefäß, in welchem bei der Destillation des Quecksilbers aus Zinnober die Dämpfe aufgefangen wurden. — Alembroth, Salz, Salz der Weisheit, von Al und ambrotos ($\acute{\alpha}\mu\beta\acute{\rho}\tau\omicron\varsigma$ göttlich) — Alkahest, ein eingebildetes allgemeines Auflösungsmittel, nach welchem die früheren Chemiker eifrig suchten, von Al und kaustes ($\kappa\alpha\acute{\upsilon}\sigma\tau\eta\varsigma$ der Verbrenner).

Selbst außerhalb des Bereichs der Chemie giebt es Wörter von arabischem Klange, die nicht für arabische zu halten sind. So ist es nach einer sehr zuverlässigen Autorität, nach dem Urtheile unseres Chronologen **Ideler** sehr zweifelhaft, daß das Wort Almanach arabischen Ursprungs sei, denn es findet sich schon in einem auf uns gekommenen Bruchstück des **Porphyrios** aus dem III. Jahrhundert, und bedeutet darin eine astrologische Ephemeride.

So verhält es sich nun auch mit dem Worte Alchemie; es ist sicher nicht arabischer Abkunft, wahrscheinlich ist es aus Al und Chemia zusammengesetzt. Es kann aber auch eine andere Bewandniß damit haben. Einige griechische Schriftsteller haben statt $\acute{\alpha}\lambda\chi\eta\mu\epsilon\acute{\iota}\alpha$ beständig $\acute{\alpha}\rho\chi\eta\mu\epsilon\acute{\iota}\alpha$, und letztere Schreibart hat sich geraume Zeit im

Mittelalter erhalten, so daß man auch lange im Französischen Arquemie schrieb. Dies hat denn die Vermuthung erregt, Archymia sey aus Ars chymiae entstanden, und dies habe dann später bei der überhaupt in Sprachen so häufigen Verwechselung von r und l zu dem Worte Alchymia Anlaß gegeben.

Was nun den Ursprung des Wortes Chemie betrifft, so sind die Meinungen darüber ebenfalls getheilt. Die Wörter *χυιδ όργάνα*, die Alexander Aphrodisiensis bei Gelegenheit der Beschreibung des Schmelzprocesses gebraucht, hat Einige auf die Ansicht gebracht, es käme von *χέω*, *χέωω*, ich schmelze. Andere haben in dem Worte *χυμελα*, welches in einer Stelle bei Suidas vorkommt, eine Anspielung auf den Saft der Pflanzen *χυμός* finden wollen; allein ohne Grund, denn *χυμελα* ist nur durch einen Fehler des Abschreibers entstanden, an allen übrigen Stellen findet es sich nicht, auch hat die Chemie erweislich nicht mit den Pflanzensäften begonnen, sondern mit den Metallen und deren Oxyden.

Am wahrscheinlichsten ist die Ansicht von Alexander v. Humboldt, daß das Wort Chemie von dem Namen komme, den die Aegypter ihrem Lande gaben. Nach Plutarch ¹⁾ nannten sie es Chemie, *χημεία*, und zwar wegen seines schwarzen Erdreichs; ebenso nannten sie das Schwarze im Auge, und noch gegenwärtig heißt *cham* im Koptischen schwarz. In den Psalmen, namentlich dem 105^{ten}, wird Aegypten *cham*, *chami*, *chemi* genannt. Die berühmte Inschrift von Rosette nennt es *chmi*, auch hieß Aegypten *Hermochymios*. Das schwarze Land Aegypten ist in *Cham* oder *Ham* personificirt worden, und daher rühren die alten Etymologien des Wortes Chemie als einer von *Cham* erfindenen Wissenschaft.

Die geheimnißvolle Wissenschaft, welche von der Zersetzung und Verwandlung der Körper handelte, sagt Alex. v. Humboldt, erhielt also den Namen des Landes, in wel-

¹⁾ De iside et osiride cap. 33.

chem sie zuerst mit besonderem Eifer betrieben wurde. Es war die Wissenschaft von Chemi oder dem schwarzen Lande; es war die Wissenschaft Aegyptens. Wenn es mit dieser Deduktion seine Richtigkeit hat, so erklären sich auch ungezwungen die lange im Deutschen üblichen Benennungen Schwarzkunst, Schwarzkünstler.

Uebrigens führte die Chemie im Alterthum wie im Mittelalter häufig auch andere Namen. Sie hieß die heilige, göttliche, geheime Wissenschaft, die Wissenschaft des That oder des Hermes, letzteren vom Hermes trismegistos, dem dreimalgrößten, dem fabelhaften König der Aegypter, den diese als Erfinder aller Künste und namentlich der Chemie betrachteten.

Das, was gegenwärtig unter Alchemie verstanden wird und in früheren Zeiten so gut als synonym mit Chemie war, nämlich die angebliche Kunst des Goldmachens, konnten die Alten bis zum III. Jahrh. n. Chr. noch nicht, bei Plinius z. B. kommt nichts dem Aehnliches vor. Name und Sache erscheinen erst unter Konstantin dem Großen, und sind an Alter vielleicht nicht sehr verschieden. Von da an läßt sich eine ganz beträchtliche Zahl von Schriftstellern nennen, die von der Kunst der Metallveredlung reden und bezeugen, daß sie lange vor dem Einfall der Araber in Aegypten daselbst fleißig von den Griechen geübt wurde.

Geber.

31. Haben nun die Araber keinen oder wenigstens einen sehr zweifelhaften Anspruch auf die Erfindung der Chemie, so muß man ihnen doch die Ehre lassen, daß der erste Chemiker im eigentlichen Sinne des Worts in ihrer Sprache lehrte und schrieb. Wir nennen diesen Mann gewöhnlich Geber, die Araber dagegen Giafar oder vollständig Abu Mussah Giafar al Sofi auch Giabr. Er ist unter den chemischen Schriftstellern der Araber einer der ersten und im Grunde der einzige; denn wiewohl die Anzahl derer, die nach ihm unter diesem Volke über chemi-

sche Gegenstände schrieben, sehr groß ist, sogar bis zu Ende des XV. Jahrhunderts hinaufreicht, so giebt es doch keinen unter denselben, der etwas Bedeutendes zu den Fortschritten dieser Wissenschaft beigetragen hätte. Mehr oder weniger haben sie alle nur den Geber ab- und umgeschrieben, und selbst, wenn man das christliche Europa mitzählt, bleibt Geber bis zum XV. Jahrhundert der kenntnißreichste Chemiker.

Ueber die Lebensumstände dieses in mancher Hinsicht merkwürdigen Mannes wissen wir sehr wenig; wir wissen nur, daß er in der ersten Hälfte des VIII. Jahrhunderts Lehrer an der Hochschule zu Sevilla war. Nach Einigen war Horan oder Hauran in Mesopotamien, nach Andern Thus auch Thusso in Korassan sein Geburtsort. Als das Jahr seiner Geburt wird 702, als sein Todesjahr 765 angegeben, doch ist dies nicht verbürgt, ebenso wenig wie sein Vaterland; auch wird von manchen behauptet, er sei Grieche von Geburt und erst später zum Islam übergetreten. Letzteres ist die Meinung von Leo Africanus, einem gelehrten Araber, der 1491 aus Granada entfloh, als Ferdinand der Katholische diese Stadt eroberte, und nach Afrika ging. Er gerieth später auf der See in die Gefangenschaft der Christen, wurde aber von Papst Leo X. befreit, mit Auszeichnung behandelt und nahm hierauf das Christenthum an. Leo's Meinung, die nun freilich den Arabern einen großen Theil der Ehre streitig machen würde, hat mancherlei für sich. Griechen gingen häufig in die Dienste der Araber, besonders Gelehrte, und Geber, Giabr hat viel Aehnlichkeit mit Giaur; doch sind dieß nur Vermuthungen, und wir wollen darum den Arabern den Ruhm nicht ernsthaft streitig machen, daß sie den ersten Chemiker aufweisen können, wiewohl wir auch nicht behaupten, daß dieser alle Kenntnisse aus sich oder aus seinem Volke schöpfte.

Was Geber den großen Ruf verschaffte, bei mittelalterlichen Schriftstellern sogar den Beinamen des Königs der Araber erwarb, sind seine Schriften, deren er angeb-

lich 500 verfaßt hat, von denen jedoch nur 5 auf uns gekommen sind. Diese sind ursprünglich arabisch geschrieben, aber mehrmals ins Lateinische übersetzt, ja sogar ins Deutsche, und standen bis zum XVI. Jahrhundert in hohem Ansehn. Wir kennen sie nur aus den lateinischen Uebersetzungen.

32. Vergleicht man die Werke Geber's mit der *Historia naturalis* von Plinius oder der *Materia medica* von Dioskorides, so ergibt sich ein erheblicher Fortschritt der chemischen Kenntnisse im Laufe der sechs Jahrhunderte, die seitdem verflossen waren. Der Fortschritt ist ein doppelter, einmal ein praktischer, eine Erweiterung der tatsächlichen Kenntnisse, und dann ein theoretischer, ein Streben zur Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen. In ersterer Beziehung verdient erwähnt zu werden, daß die Alten nur sieben Metalle in regulinischem Zustande kannten:

Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen, Quecksilber.

Dieselben finden sich auch bei Geber und zwar belegt mit den Namen:

Sol, Luna, Venus, Jupiter, Saturn, Mars, Merkur.

Ob diese von ihm oder seinen Uebersetzern herrühren ist unentschieden, die Alchemisten brauchen niemals andere. Außerdem kannte Geber auch das metallische Arsenik; er zählt es indessen nicht zu den Metallen, sondern hält es seiner Verbrennlichkeit wegen für eine Art Schwefel, und nannte es den Gevatter des Schwefels.

Außer jenen sieben Metallen kannten die Alten noch drei, vielleicht fünf, aber nicht im regulinischen sondern nur vererzten Zustand, so:

Zink, als Calamine oder Cadmia d. i. Galmey; ferner Pompholyx, Hüttenrauch.

Antimon, als Stibium oder Stimmi, Grauspießglanzerz, diente bei den Alten wahrscheinlich als Schminke zum Färben der Augenbraunen.¹⁾

¹⁾ s. Isobel, Buch der Könige II, Kap. 9 v. 30.

Arsenik, als Sandaracha, Realgar; Arrhenicon oder Arsenicum, Auripigment (Plinius).

Kobalt, bezweifelt, aber mit Unrecht. H. Davy hat in alten durchsichtigen blauen Gläsern Kobalt gefunden und kein Kupfer, womit andererseits die undurchsichtigen Glaspasten der alten Aegypter gefärbt waren.¹⁾

Mangan, zwei von Davy untersuchte römische Purpurgläser enthielten Manganoxyd, auch sagt Theophrast, daß in Skaptesyte (Skaptēs hylae) ein Stein gefunden werde, der wie verfaultes Holz aussehe, und wenn man ihn mit Oel übergießt sich entzünde. Erst in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde diese Eigenschaft in Derbyshire an dem schwarzen oder erdigen Wad, einem Manganerz, entdeckt.

Geber kannte ferner: Rothes Quecksilberoxyd. — Quecksilberchlorid oder Sublimat, welches nach einer der unsrigen ähnlichen Vorschrift dargestellt wurde. — Außer dem metallischen Quecksilber kannten die Alten auch den Zinnober, dessen Zusammensetzung aus Schwefel und Quecksilber Geber wußte. — Schwefelleber, Schwefelmilch. — Kali-Alaun; die Alten hatten nur natürlichen Alaun, Federalaun — Salpeter, lat. sal petrae. Es ist zweifelhaft ob die Alten den Salpeter kannten; was Plinius Nitrum nennt ist unser Natroncarbonat, namentlich das natürliche, die Trona, zuweilen auch Salmiak. Wann Nitrum seine heutige Bedeutung erlangt, ist ungewiß, doch wird es in dieser schon von Roger Baco im XIII. Jahrhundert gebraucht. Das Wort ist aus Natron entstanden, welches ein hohes Alter besitzt, da es schon in der Bibel vorkommt. In den Sprüchen Salomons heißt es Kap. 25 v. 20: Wer einem bösen Herzen Lieder singt u. s. w. ist wie Essig auf der Kreide; so in Luthers Uebersetzung, im Hebräischen steht aber Natr. — Kohlensaures Natron und kohlensaures Kali durch Verbrennen von Weinstein und Pflanzen. Durch Kalk wußte sie Geber von ihrer Kohlensäure zu befreien und ätzend

¹⁾ Ann. de Chim. 96, p. 90.

zu machen. — Baurach oder Borax. — Salpetersäure, aus Vitriol, Salpeter und Alaun, wobei ihm die rothen Dämpfe dieser Säure nicht entgingen, und endlich Schwefelsäure von der trocknen Destillation des Alauns.

Die Kenntniß dieser beiden Säuren ist bemerkenswerth, denn sie giebt der Geber'schen Chemie einen bedeutenden Vorsprung vor der aus den Zeiten von Plinius und Dioskorides, wo man keine andere Säure als den Essig kannte. Es fehlte also ganz an einem kräftigen Lösemittel, und diese einzige Thatsache reicht hin den Zustand der Chemie bei den Alten klar zu bezeichnen. Ihre Chemie, die übrigens nur eine rein technische Tendenz hatte, war wesentlich auf die Operationen des trocknen Weges beschränkt, mit Geber beginnt die Chemie des nassen Weges, deren Operationen eine ungleich größere Mannichfaltigkeit und Anwendbarkeit besitzen.

Mittelst der Salpetersäure war er im Stande eine Menge Trennungen und Verbindungen zu bewerkstelligen, an welche die Alten nicht einmal entfernt denken konnten. So stellte er dar: Salpetersaures Silberoxyd, sogar in Krystallen; ferner Königswasser durch Zusatz von Salmiak oder Kochsalz zur Salpetersäure; er löste Gold damit auf, und bereitete Schwefelsäure durch Auflösen von Schwefel darin.

Geber's Werke enthalten ferner eine detaillirte Beschreibung von chemischen Operationen und Geräthen, die freilich den Alten, namentlich den Griechen der späteren Jahrhunderte zum Theil nicht unbekannt waren, nämlich: die Sublimation, welche schon Dioskorides hat, — die Destillation, von welcher Synesios, Bischof von Ptolemais in seinen Kommentaren zum Demokrit eine Beschreibung liefert, und einen vollständigen Destillationsapparat mit Helm und Vorlage angiebt¹⁾; auch erwähnt Zosimus von Panopolis bereits 50 Jahre früher die niedersteigende Destillation, — die Filtration kommt vor als Destillation durchs

¹⁾ Höfer, Hist. de la Chim. I, 269.

Filtrum, — die Kupellation, das Abtreiben des Goldes und Silbers mit Blei wird, wenn auch undeutlich, von Plinius, Strabo und Dioskorides bezeichnet. — Endlich Glüh- und Schmelzgeräthe, Sand- und Wasserbad.

33. Mehr als durch alles empirische Wissen unterscheidet sich aber Geber von den Alten dadurch, daß er eine Theorie der chemischen Erscheinungen vorträgt, freilich eine sehr eingeschränkte und mangelhafte, ja nach unsern jetzigen Ansichten ganz unrichtige, aber doch immer eine Theorie, die als erster Versuch die chemischen Vorgänge zu erklären bemerkenswerth ist, um so mehr, als sie sich mit einigen Abänderungen das ganze Mittelalter hindurch erhalten hat.

Diese Theorie besteht in der Annahme, daß alle Metalle zusammengesetzte Körper seien, zusammengesetzt aus zwei Elementen, durch deren Verhältniß und verschiedenen Grad der Bindung oder Fixirung alle Verschiedenartigkeit der Metalle erzeugt wird. Diese Elemente sind nicht etwa den vier Elementen der altgriechischen Philosophen entnommen, sondern davon ganz verschieden, nämlich Schwefel und Quecksilber. Geber setzt ausführlich auseinander, wie jedes der ihm bekannten Metalle aus diesen beiden Elementen zusammengesetzt werde. Aus seinem etwas dunklen Vortrag geht indeß zugleich hervor, daß er unter Schwefel nicht den gemeinen Schwefel versteht, sondern einen eingebildeten Stoff, gewissermaßen das Princip der Verbrennlichkeit; dasselbe gilt von seinem Quecksilber.

Man kann sich, wenn man näher in die Ideen Geber's eingeht, des Gedankens nicht enthalten, daß die später im XVIII. Jahrhundert von Stahl aufgestellte Theorie vom Phlogiston eigentlich nur eine Verfeinerung der Geber'schen Ansicht sei. Uebrigens ist Geber nicht der Urheber derselben, denn er selbst giebt an, er habe sie von seinen Vorgängern; wer aber diese Vorgänger waren, sagt er nicht. Eine dunkle Spur dieser Lehre könnte man, beiläufig bemerkt, in dem erkennen, was Plato vom Rost sagt. Der Rost am Eisen bildet sich nicht, weil das Metall

etwas absorbirt, sondern weil es etwas verliert. Dieses Etwas ist nach Plato Erde, nach Stahl Feuer oder Phlogiston, und wäre nach Geber Schwefel.¹⁾

Aus diesem Abriss der Werke Geber's mag erhellen, daß dieselben einen Schatz von chemischen Kenntnissen enthalten, wie wir sie in den auf uns gekommenen Schriften der Alten vergebens suchen. Ob er dennoch nicht aus uns unbekannt gebliebenen Quellen des Alterthums geschöpft habe, soll damit nicht gesagt sein, ist sogar als gewiß anzunehmen. Er selbst sagt: *Totam nostram scientiam, quam ex dictis antiquorum abbreviamus compilatione diversa in nostris voluminibus, hic in summa una redigimus*²⁾. Man würde indess andererseits zu weit gehen, wenn man Geber bloß für einen Kompilator halten wollte. Sein ganzer Vortrag ist der Art, daß man sieht, er spricht aus eigener Erfahrung. Unentschieden muß aber oft bleiben, was sein und was der Alten Eigenthum ist.

Rhases. Avicenna. Abulkasis.

34. Außer Geber haben die Araber noch eine große Masse von Chemikern und Alchemisten aufzuweisen, die aber sehr wenig in die Fußstapfen ihres Meisters traten, sondern der symbolischen Mystik der alexandrinischen Philosophen bis zum Uebermaß huldigten. Sie nannten zwar ihre Wissenschaft die Wissenschaft vom K., dem Anfangsbuchstaben von Kimia, oder die Wissenschaft vom M., von Misan: Wage, aber trotz dem hatte sie wenig oder nichts mit der wahren Chemie gemein. Nur drei der Nachfolger Geber's machen davon eine rühmliche Ausnahme.

Rhases, eigentlich Muhamed Ibn Sakarjah Abu Bekr al Rasi, war gebürtig aus Korassan, und Direktor eines großen Krankenhauses zu Bagdad, wo er 932 starb. — Er führte durch seine zahlreichen medicinischen Schriften den Gebrauch von chemischen Präparaten als Arzneien in die Heilkunde des Orients ein.

¹⁾ Höfer, Hist. de la. Chim. I, 89.

²⁾ Höfer, ibid. I, 295.

Avicenna, eigentlich Abu Ali el Hosein Ben Abdallah Ibn Sina, geb. 980 zu Charmatin in der Bucharei und gest. 1037 zu Hamadan in Persien. — Ein Mann von grosser Gelehrsamkeit nicht nur in der Medicin seinem Hauptfach, sondern auch in der Mathematik, Astronomie und allen damals von den Arabern betriebenen Wissenschaften. Er hatte den Euklid, den Ptolemaeus und den Aristoteles studirt. Als Arzt spielte er an den Höfen der Kalifen von Bagdad und der Schahs von Persien eine grosse Rolle, und führte, da er sich auch in die politischen Händel seiner Zeit verwickelte, ein viel bewegtes sehr unruhiges Leben. Dennoch fand er Mufse ein Werk von ausserordentlichem Umfang, *Canon* genannt, zu schreiben, einen Inbegriff alles damaligen Wissens in der Chemie und Medicin, das seinen Namen hauptsächlich auf die Nachwelt gebracht hat.

Abulkasis (Abulchassem) eigentlich: Chalaf Ebn el Abbas Abul Casan, geb. zu Zahara bei Cordova, daher in lateinischen Schriften auch Alzaharavicus genannt. Er war Lehrer an der Hochschule zu Cordova, wo er 1122 starb. — Er ist berühmt durch ein Werk, welches in der lateinischen Uebersetzung den Namen *Servitor* führt, und als das erste ausführliche pharmaceutische Werk angesehen werden kann; man pflegt Abulkasis daher auch wohl als den Begründer der Pharmacie anzusehen.

Er beschreibt die Destillation des Weingeistes aus Wein, und hat jedenfalls den Weingeist zuerst als Medikament genannt. Ob er den Weingeist entdeckt, ist wohl zu bezweifeln. Zwar scheint Geber den Weingeist noch nicht zu kennen, indem das, was bei ihm in der lateinischen Uebersetzung Spiritus heisst, gewöhnlich Quecksilber oder eine andere flüchtige Flüssigkeit ist; aber die Griechen des IV. u. V. Jahrhunderts haben wahrscheinlich schon Wein destillirt. Aus Reis verstanden die Chinesen bereits viele Jahrhunderte früher weingeistige Getränke zu machen, und selbst ein Araber Abuzeid, der im J. 851 eine Reise nach China unternahm, hat das Verfahren der

Chinesen beschrieben. Es ist der Rak oder Al Rak, woraus Arrak entstand, und ist vielleicht der indische Wein, dessen Strabo gedenkt, da Indien sonst keinen Wein hatte.

Optik.

35. Gehen wir nun von der Chemie zu der eigentlichen Physik über, so ist der erste und fast einzige Zweig derselben, den wir bei den Arabern kultivirt finden, die Optik, vermuthlich, weil darin die Alten am meisten vorgearbeitet hatten, und noch am meisten durch mathematische Betrachtungen und eine fast ausschließlich auf Reflexion gestützte Forschungsweise geleistet werden konnte, denn auch die Araber waren gleich den alten Griechen und Römern, wenigstens im Gebiet der eigentlichen Physik, keine Experimentatoren.

Mit der Optik scheinen sie sich schon sehr frühzeitig befaßt zu haben, und es ist wohl gewiß, daß auch hierin die Alten ihnen Lehrer und Vorbilder waren. Bereits ums J. 900 schrieb ein Al Farabi über die Perspective, und ein Ebn Haithem (Alkindi?) aus Syrien ums J. 1000 über das Sehen, über die Reflexion und Refraktion. Beider Werke sind indeß nicht auf uns gekommen, und sind auch wohl nicht von Bedeutung gewesen.

Wichtig als optischer Schriftsteller ist dagegen Alhazen, eigentlich Abu Ali Alhazen Ben Alhazen zur Unterscheidung von Alhazen Ben Jussuf, der den Almagest des Ptolemaeus übersetzte. Alhazen lebte in Spanien, nach Einigen ums J. 1100, nach Anderen ist er aber schon 1038 gestorben¹⁾. Die Optik, die wir von ihm besitzen, ist zwar ein etwas unklares und weitläufig geschriebenes Werk, das aber dennoch die größte Aufmerksamkeit verdient, da es das erste nach Ptolemaeus und das einzige der Art in der Literatur der Araber ist, auch bis zu Anfang des XVII. Jahrhunderts in hohem Ansehen gestanden hat, wo-

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 70.

von der Umstand einen Beweis ablegen kann, daß es noch 1572 zu Basel in lateinischer Sprache erschienen ist.

Schriftsteller des XIII. Jahrhunderts z. B. Roger Baco, der noch des **Ptolemaeus** optische Bücher kannte, haben behauptet, **Alhazen** habe nur den **Ptolemaeus** ausgeschrieben. Diese Beschuldigung ist indels nicht gerecht, denn der Vergleich mit den wieder aufgefundenen Werken des **Ptolemaeus** hat gezeigt, daß **Alhazen** in manchen Stücken von seinem Vorgänger abweicht und in anderen ihn übertrifft, obgleich aus allem hervorgeht, daß er ihn gekannt und benutzt haben muß. Eine bedeutende Verschiedenheit zwischen ihm und **Ptolemaeus** besteht sogleich darin, daß **Alhazen** nicht mehr die Lehre von den Gesichtsstrahlen vorträgt, sondern annimmt, das Sehen geschehe durch etwas in das Auge gelangende; er ist also von der Emissionstheorie zur Immissionstheorie übergegangen.

Alhazen giebt auch eine anatomische Beschreibung des Auges und sucht zu zeigen, welchen Antheil am Sehen jeder Theil des Auges habe. Er unterscheidet schon die drei Flüssigkeiten: humor aqueus, crystallinus und vitreus, sowie vier Häute: tunica adhaerens, cornea, uvea und tunica retisimilis. Zwar ist er noch in dem Irrthum befangen, daß die Krystalllinse das Hauptorgan des Auges sei, er giebt aber doch von der Thatsache, daß wir mit beiden Augen nur ein Bild sehen, eine ganz leidliche Erklärung, indem er sagt, es geschehe, wenn korrespondirende Theile des Sehnervens beider Augen vom Lichte getroffen werden.

Ueberhaupt hatte er vom Sehen weit richtigere Begriffe als die Alten. **Euklid** z. B. läßt von dem Auge zu jedem Punkt des gesehenen Gegenstandes nur einen Licht- oder Augenstrahl ausgehen, **Alhazen** dagegen zeigt, daß von jedem Punkt des Gegenstandes unzählig viele Lichtstrahlen in das Auge gelangen, und so eine Lichtpyramide gebildet werde, deren Scheitel jener Punkt, die Basis das Auge ist. **Alhazen** hatte also von der Verbreitung des Lichts weit richtigere Ansichten als die Alten. Auch wußte er, daß unser Urtheil einen großen Einfluß auf das Sehen ausübe.

Was die Reflexion betrifft, so unterscheidet er sich dadurch schon von Ptolemaeus, daß er sieben reguläre Spiegel annimmt statt drei, die Ptolemaeus hatte, nämlich einen ebenen, zwei sphärische, zwei cylindrische und zwei konische. Alhazen wußte wie Ptolemaeus, daß bei ebenen Spiegeln das Bild vom Gegenstand ebenso weit hinter dem Spiegel liege als der Gegenstand vor demselben. Er verallgemeinerte diesen Satz, indem er zu zeigen suchte, wo bei sphärischen, cylindrischen und konischen Spiegeln das Bild liegen müsse. Bei krummen Spiegeln giebt es aber im Allgemeinen keinen Punkt, der ein Bild von einem strahlenden Punkt wäre.

Alhazen stellte ferner eine Aufgabe auf, die später nach ihm benannt worden ist und eine gewisse Berühmtheit erlangt hat, die er selbst aber nur unbefriedigend gelöst hat, nämlich: Wenn gegeben sind Lage des strahlenden Punktes und Lage des Auges, zu finden an einem sphärischen, cylindrischen oder konischen Spiegel den Punkt, wo der Strahl reflektirt werden muß, um ins Auge zu gelangen. Bei ebenen Spiegeln ist die Aufgabe leicht, bei krummen aber schwierig, auch für den Physiker nur von geringem Interesse, da er wohl nie in den Fall kommt, die Lage des Einfallspunktes an einem krummen Spiegel kennen zu müssen. Ueberhaupt beschäftigt sich Alhazen mit einer großen Zahl von Problemen, die nur ein mathematisches Interesse haben, und da überdies seine Beweise weit-schweifig sind, so hat sein Werk im Verhältniß zu seinem Inhalt ein übermäßiges Volumen erhalten.

Was die Refraktion betrifft, so hat Alhazen, wie es scheint, ähnliche Versuche wie Ptolemaeus gemacht; wenigstens zeigt er, wie man die Brechung des Lichts aus Luft in Wasser oder Glas finden könne, theilt aber die Resultate seiner Versuche nicht mit. Das Refraktionsgesetz blieb auch ihm unbekannt, allein er machte schon die Bemerkung, es sei der von Ptolemaeus aufgestellte Satz, daß zwischen den Winkeln des einfallenden und des gebrochenen Strahles mit dem Perpendikel ein konstantes Ver-

hältniß statt finde, nicht für den ganzen Quadranten richtig. Er war also wenigstens auf halbem Wege das wahre Gesetz aufzufinden, aber dieser Schritt blieb Jahrhunderte lang ganz unbeachtet.

Alhazen war auch nahe daran die Lupen oder Vergrößerungsgläser zu erfinden, denn er spricht viel und lange von der Vergrößerung, die ein Kugelsegment, d. h. eine plankonvexe Linse gewähre. Allein er scheint die Wirkung eines solchen Glases doch nicht aus Erfahrung gekannt zu haben, denn er sagt, es sei nothwendig die konvexe Seite dem Auge zuzuwenden, und den zu vergrößernden Gegenstand dicht auf die plane Seite zu legen.

36. In Betreff der astronomischen Strahlenbrechung waren seine Kenntnisse nicht wesentlich von denen des **Ptolemaeus** verschieden, mit Ausnahme des Umstandes vielleicht, daß er die Ursache derselben nicht wie dieser in die Dünste der Atmosphäre setzt, sondern in die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit der Luft, was Neuere so ausgelegt haben, als hätte er damit die verschiedenen Grade der Dichtigkeit der Luft gemeint.

Bei der Dämmerung bemerkt er, daß dieselbe aufhöre oder anfangen, wenn die Sonne 19° unter dem Horizont stehe; er setzt indels hinzu, wie dies die Gelehrten sagen, er kannte mithin die Alten. Eigenthümlich ist ihm dagegen die ganz sinnreiche Methode aus der Gränze der Dämmerung die Höhe der Atmosphäre zu finden. Sie gründet sich darauf, daß bei Beginn oder Ende der Dämmerung die äußerste Luftschicht am Horizont, welche noch Licht zu reflektiren vermag, ihr Licht von der 19° unter dem Horizont befindlichen Sonne empfängt. Wenn man nun den Standort des Beobachters mit einem Punkt in dem Dämmerungslicht durch eine Linie verbindet, und nach den Endpunkten derselben von der Mitte der Erde Linien gezogen denkt, so erhält man ein Dreieck, worin der Erdradius sowie alle Winkel bekannt sind, da diese mit Hülfe des Reflexionsgesetzes sich leicht ergeben. Die Differenz des Erdradius und der nach dem lichten Punkt

gezogenen Linie ist die Höhe der Atmosphäre, welche **Alhazen** 52000 Schritt hoch fand.

In späteren Zeiten haben Physiker und Astronomen sich viel mit diesem Problem beschäftigt, unter Anderem auch zum Behuf der Frage, ob die Atmosphäre begrenzt sei. Es kann aber natürlich auf diese Weise nie die Höhe der Atmosphäre gefunden werden, höchstens die Höhe, in welcher sie noch Lichtstrahlen zu reflektiren vermag, und selbst hier ist noch manches vorausgesetzt, wie z. B. die Gradlinigkeit der Strahlen, was in Wirklichkeit nicht stattfindet.

• Ein anderes interessantes und späterhin oft behandeltes Problem, mit dem **Alhazen** sich beschäftigt hat, ist die Frage, warum Sonne und Mond nahe am Horizont vergrößert, Sterne daselbst weiter auseinander gerückt erscheinen. **Alhazen** zeigt, daß diese Erscheinung nicht von der astronomischen Strahlenbrechung herrühren könne, diese vielmehr die Wirkung habe, Sonne und Mond in vertikaler Richtung zusammenzudrücken. Er zählt diese Erscheinungen zu den Gesichtsbetrügen, und bemerkt ganz richtig, unser Urtheil über die Größe der Gegenstände gründe sich auf Vergleichung des Schwinkels mit der vorausgesetzten Entfernung des Gegenstandes. Unweit des Horizontes dünke uns ein Himmelskörper sehr fern zu liegen, weil wir da seine Entfernung mit der Entfernung irdischer Gegenstände vergleichen können. Dieser Einfluß unseres Urtheils auf das Sehen bewirke auch, setzt **Alhazen** hinzu, daß das Himmelsgewölbe uns nicht als eine vollkommene Halbkugel erscheine, sondern wie abgeplattet. Bei bedecktem Himmel ist indels die Abplattung nicht scheinbar. — Ueber das Problem der Vergrößerung von Sonne und Mond am Horizont hat man in späterer Zeit lebhafte Diskussionen geführt, ohne daß man im Stande gewesen wäre, eine genüendere Erklärung als die von **Alhazen** aufgestellte zu finden.

So viel von **Alhazen**. Mit seinem Werk ist die gesammte optische Literatur der Araber erschöpft, wenigstens

soweit sie auf uns gekommen ist. Nach ihm tritt in der Geschichte der Optik wiederum eine Lücke von 170 Jahren ein, wie andererseits vor ihm eine von etwa 550 Jahren existirte, denn der letzte optische Schriftsteller von einiger Bedeutung unter den Griechen war jener **Anthemius**, der die Fabel von den Brennsiegeln des **Archimedes** in Gang brachte.

Akustik.

37. Ausser der Optik haben die Araber von den verschiedenen Zweigen der reinen Physik nur noch die Akustik kultivirt. Sie haben uns einige Werke über die Theorie der Musik hinterlassen, was einigermaßen auffallend sein muß, da einerseits **Muhamed** seinen Anhängern die Musik verboten hatte, und andererseits die praktische Musik, die sie trotz dieses Verbotes trieben, immer bei der einfachen Melodie, bei dem einstimmigen Gesang stehen blieb, sich nie zu mehrstimmigen Kompositionen, zur Harmonie, die noch jetzt den Orientalen ein Gräuel ist, erhoben hat. Dem entsprechend sind denn auch die theoretischen Werke, die uns **Alkendi** und Andere hinterlassen haben, von gar keiner Bedeutung¹⁾.

Astronomie.

38. Mit besserem Glück haben die Araber die Astronomie und Geographie gepflegt, und es ist besonders die erstere Wissenschaft, in welcher sich die Spuren ihrer Wirksamkeit durch eine nicht unbedeutende Anzahl arabischer Wörter bis auf den heutigen Tag erhalten hat. Dahin gehören: Zenith, Nadir, Azimut, Alhidade, ferner die Sternnamen: Aldebaran, Algol, Rigel, Fomalhaut (Fumal-Haut), Ras Alhagen, Ras Algeti u. s. w.

Ihr bedeutendster Astronom war **Albatenus** (**Albatagnus**), eigentlich **Mohamed Ben Geber Ben Senan Abu Abdallah Albatani**, aus der Stadt **Batan** in Mesopotamien, florirte 50 Jahre nach **Al-Mamun** ums Jahr 880; nach

¹⁾ Montucla, Histoire des mathémat. I, 394.

Andern ist er 880 geb. und 928 gestorben. Er ist der Ptolemaeus der Araber, welchen er übrigens auch wohl studirt hatte. Zu seinen Verdiensten gehört u. A. eine genauere Bestimmung der Excentricität der Sonnenbahn, die Entdeckung der Bewegung des Apogaeums, die Konstruktion einer neuen astronomischen Tafel, eine neue Bestimmung der Länge des Sonnenjahrs zu 365 Tagen 5 St. 46 M. 22 Sek., freilich etwas zu klein.

Außer Albatenus gab es durch die ganze arabische Periode hin, sowohl im Orient als in Spanien, noch eine große Anzahl Astronomen, deren Verdienste indess zu gering sind, als daß ich sie hier alle vorführen könnte. Als einen Beweis übrigens, daß selbst im XIII. Jahrhundert die Astronomie eine Lieblingsbeschäftigung der Araber ausmachte, will ich hier nur erwähnen, daß als Alfons X. von Kastilien, ein Freund der Astronomie, den Entschluß gefaßt, diese Wissenschaft in seinem Staat zu haben, er dazu gelehrte Araber aus Sevilla, Toledo und Cordova berief, wobei es sich freilich zeigte, daß er keine glückliche Wahl getroffen hatte, denn die Gelehrten waren mehr Astrologen als Astronomen. Ein Araber Alboazen sprach sich darüber aus und gab Veranlassung, daß Alfons 1256, vier Jahre nach den ersten durch ihn geförderten Tafeln, eine neue Edition herausgeben liefs¹⁾.

Geographie.

39. In der Geographie haben sich besonders Edrisi und Abulfeda einen großen Namen erworben, und können einigermaßen mit Herodot und Strabo verglichen werden.

Der Scherif Al Edrisi, eigentlich Abu Abdallah Mohamed Ben Mohamed al Edrisi, war 1099 geboren zu Ceuta, nach Andern zu Tetuan, und stammte aus einer Familie, die in Nubien regierte, daher er auch den Namen des Geographen von Nubien führt. Er hatte zu Cordova studirt, und schrieb das Werk, welches ihn vorzüglich be-

¹⁾ Montucla, Hist. des mathém. I, 369.

rühmt gemacht hat, *Geographische Erholungen* am Hofe Roger's I., Königs von Sicilien, als Erläuterung zu der silbernen, 400 Mark schweren Erdkugel, welche dieser Fürst hatte machen lassen¹⁾. Edrisi starb 1175 oder 1186.

Abulfeda oder Ismael Abulfeda, Fürst von Hamah in Syrien, geb. zu Damascus 1273 und gest. 1331, ist Verfasser eines geographischen Werks *Wahre Lage der Länder*.²⁾

Die Werke beider Männer sind für die Länder- und Völkerkunde ihrer Zeit ungemein wichtig, enthalten indess für die physikalische Geographie nur wenig von Belang, ausgenommen, daß uns der letztere Nachricht giebt von dem merkwürdigen Unternehmen, welches der Kalif **Al Mamun** im J. 827 ausführen liefs, nämlich von der Gradmessung, deren ich schon § 27 erwähnte. Die Gelehrten, denen der Kalif diese Messung übertragen hatte, wählten dazu die Wüste Singar oder Sindjar am Arabischen Meerbusen. Sie theilten sich in zwei Partheien. Von einem gewissen Punkte aus, dessen Polhöhe bestimmt wurde, ging die eine mit der Meßkette in der Hand grade nach Norden, bis die Polhöhe genau um einen Grad zugenommen hatte; die andere maß ebenso nach Süden, bis die Polhöhe sich um einen Grad vermindert hatte. Die eine Parthei fand auf diese Weise für den Grad 56 arabische Meilen, die andere 56 $\frac{2}{3}$, und die letztere Bestimmung wurde für die richtigere angesehen.

Um das Resultat dieser Messung zu beurtheilen, muß man natürlich wissen, wie lang eine arabische Meile sei. Hier geht es uns aber wie mit dem Stadium der Griechen. Ziemlich übereinstimmend wird zwar die arabische Meile zu 4000 arabischen Ellen angenommen, aber wie groß die Elle gewesen, ist zweifelhaft. Ueberdies gab es zweierlei Ellen, königliche und schwarze, letztere von der Armlänge eines besonders großen Negersklaven so genannt. Nach **Abulfeda's** Zeugniß hielt die schwarze Elle 27 Zoll und nach **Alfragani** (**Alfergani**) die königliche 24 Zoll. Was

¹⁾ Montucla, Hist. etc. I, 403.

²⁾ Montucla, ibid. I, 407.

aber das Sonderbarste ist, der Zoll hatte die Länge von 6 nebeneinander gelegten Gerstenkörnern, so daß also bei diesem Unternehmen der Umfang der Erde mit Gerstenkörnern gemessen worden wäre. Snell, der Entdecker des Refraktionsgesetzes fand, daß 89 Gerstenkörner = 1 Fuß rheinl. = 0,16103 Tois. seien. Hiernach wäre $1^{\circ} = 56\frac{2}{3}$ arab. Meilen = 58 710 Tois., d. h. 1700 Tois. zu groß.

Bei unserer völligen Unkenntniß von den angewandten Mäßen können wir das Ergebnis dieser Messung nicht näher ermitteln, das darüber Mitgetheilte berechtigt aber zu der Meinung, daß sie auf sonderliche Genauigkeit keinen Anspruch machen darf, und gegen die von den Griechen gewonnenen Resultate keinen Fortschritt bezeichnet.

Zweite oder europäische Periode.

40. Wann eigentlich nach der Barbarei, die auf den Umsturz des Römerreichs über Europa hereinbrach, der Sinn für Wissenschaften wieder zu erwachen angefangen habe, läßt sich nicht mit Bestimmtheit angeben. Die ersten Anfänge waren auch hier, wie bei so vielen anderen Dingen, geringfügig und unbestimmt. Hie und da begann es schon ziemlich früh hinter engen Klostermauern etwas zu dämmern, während draußen noch Alles in dichtester Finsterniß lag. Auch in der Umgebung einzelner hochbegabter Fürsten sehen wir es manchmal etwas lichter werden, aber es sind matte Strahlen, welche die Masse des Volks nicht durchdringen können, und nach kurzer Zeit verlöschen.

So finden wir schon bei Theodorich dem Großen, König der Ostgothen, welcher von 475 bis 526 regierte, eine gewisse Achtung vor den Wissenschaften, die sich ausspricht in seinen Briefen an den römischen Senator Boëthius, einen in der Mathematik und Mechanik bewanderten Mann, den er u. A. um eine Sonnenuhr und eine Wasseruhr anspricht, um sie dem König von Burgund zu schenken. Wir wissen ferner, daß Karl d. Große im J. 782

den gelehrten Engländer **Alkuin**, geb. 736 zu York, an seinen Hof berief und eine Art von Hofakademie um sich versammelte, und daß er durch **Alkuin** Schulen bei den Klöstern errichten ließ, aus denen nach und nach die Universitäten hervorgingen.

Im X. Jahrhundert sehen wir den Drang nach Wissen schon lebendiger und allgemeiner werden, denn die christliche Jugend beginnt nach Spanien zu den Mauren zu reisen, um dort die Werke der Alten zu studiren, wozu in der Heimath also wohl nicht hinreichende Gelegenheit gewesen sein muß. Selbst ein nachmaliger Papst **Gerbert**, als Papst **Sylvester II.**, der von 999 bis 1003 die Tiara trug, verschmähte es nicht bei den Arabern in Sevilla und Cordova sich Kenntnisse von der klassischen Literatur zu holen. Er war ein Franzose von Geburt aus Aurillac in der Auvergne, und soll in der Kathedrale zu Rheims eine Dampforgel errichtet haben; er wäre also Erfinder der Dampfpeife. Ueberhaupt beschäftigten ihn die physikalischen und chemischen Wissenschaften speciell, und erfand er außer der erwähnten Dampforgel auch verschiedene hydraulische Maschinen, einen Rechentisch u. dgl. mehr ¹⁾).

Solche rühmlichen Beispiele lassen sich aus dem XI. und XII. Jahrhundert noch einige beibringen; aber erst im XIII. Jahrhundert werden die Regungen des wissenschaftlichen Geistes mächtiger und erfolgreicher, so daß man eigentlich erst von dieser Periode an das Aufblühen der Wissenschaften datiren kann. Die Stiftung der Universitäten zu Paris, Oxford, Cambridge (1200), Neapel (1224), Salerno, Bologna, Padua (1229), Pavia, Salamanca, Prag (1348), Wien (1365), Heidelberg (1386) und andern Orten, sind als die ersten sichtbaren Aeufserungen dieses Geistes zu betrachten. Paris, Salerno und Bologna blühten unter allen am frühesten, die Zeit ihrer Gründung läßt sich aber mit Bestimmtheit nicht angeben.

¹⁾ Libri, *Histoire des sciences mathémat.* IV, 337.

Auch sehen wir in diesem Jahrhundert zwei ausgezeichnete Fürsten die Wissenschaft unter ihren besonderen Schutz nehmen. Es sind dies Kaiser Friedrich II., der durch seine Kämpfe mit der Hierarchie so weltberühmte Hohenstaufe, der von 1209 bis 1250 regierte, und Alfons X. König von Kastilien. Ersterer als Mensch und Herrscher in gleichem Maße groß, war nicht nur den bildenden Künsten und schönen Wissenschaften eifrig zugethan, sondern förderte auch die Gelehrsamkeit und das Naturstudium einerseits durch die Stiftung der Universität zu Neapel 1224, und andererseits durch die von ihm veranstaltete Uebersetzung der Werke des Ptolemaeus ins Lateinische. — Alfons X. hat sein Andenken in der Geschichte der Wissenschaft durch besondere Vorliebe für die Astronomie ehrenvoll erhalten, namentlich durch die nach ihm benannten astronomischen Tafeln, welche er 1256 von den nach Toledo berufenen Astronomen entwerfen ließ.

Albrecht v. Bollstaedt. Roger Baco.

41. In diesem XIII. Jahrhundert lassen sich auch zuerst Männer namhaft machen, die speciell die physikalischen Wissenschaften trieben und nach Umständen förderten. Besonders zeichnen sich als solche aus Albrecht von Bollstaedt und Roger Baco. Beide umfaßten mit ihren Kenntnissen das ganze Gebiet der damaligen Naturforschung, sie waren wohl bekannt mit den Alten, und trieben außer ihren theologischen und philosophischen Studien, Mathematik, Mechanik, Optik, Chemie, Medicin und Naturgeschichte. Bei dem ersteren waltete mehr die chemische Richtung vor, beim letzteren die mathematisch-physikalische.

Albrecht v. Bollstaedt, von seinen Zeitgenossen Albertus Magnus auch Albertus Teutonicus genannt, stammte aus dem Hause der Grafen von Bollstaedt und wurde 1193 zu Lauingen in Bayern geboren. Als jüngster Sohn seiner Eltern widmete er sich dem geistlichen Stande, studirte zu Padua, trat 1223 in den Dominikaner-Orden, lehrte dann öffentlich zu Hildesheim, Regensburg, Köln und Paris,

bereiste 1254 Deutschland als Provincial seines Ordens und ward 1260 Bischof von Regensburg. Er dankte indels schon 1265 wieder ab, und zog sich in das Dominikaner-Kloster zu Köln zurück, wo er 1280 starb.

Albrecht v. Bollstaedt war als Schriftsteller sehr fruchtbar; seine *Opera omnia*, worin aber manches untergescho-ben sein soll, erschienen gedruckt 1651 zu Leyden, und füllen nicht weniger als 21 Folianten. Sie geben ein ge-treues Bild von dem Umfang und Zustand der damaligen Naturwissenschaft, und sind insofern in-geschichtlicher Hinsicht wichtig; an Entdeckungen und Erfindungen, die man Albr. v. Bollstaedt mit Gewißheit zuschreiben könnte, enthalten sie dagegen nichts. Wohl hat Albr. v. Bollstaedt durch sein Ansehn und seine Kenntnisse viel zur Verbrei-tung der Wissenschaft beigetragen, durch eigene Arbeiten sie aber nicht erweitert.

Roger Baco, nicht zu verwechseln mit dem 300 Jahre später lebenden Lord Baco, ward 1214 zu Ilchester in Sommerset in England geboren, ebenfalls von angesehenen Eltern stammend; er starb 1292, nach Andern 1294 als Franziskaner-Mönch zu Oxford.

Baco machte seine Studien auf der Universität zu Paris, von welcher er 1240 nach Oxford zurückkehrte. Er hatte viele herbe Schicksale zu erdulden, theils seiner aus-gebreiteten Kenntnisse wegen, die ihm den Neid seiner Ordensbrüder zuzogen, theils weil er gegen deren Unwissen-heit und Sittenlosigkeit laut und freimüthig zu reden wagte. Dafür klagten diese ihn beim Papst der Zauberei, Ketzerei und Teufelsbündnerei an, und brachten es dahin, daß er seiner Lehrstelle in Oxford entsetzt und ins Gefängniß ge-worfen ward. Die Erhebung seines Gönners, des Bischofs von Sabina und päpstlichen Legaten in England, auf den päpstlichen Stuhl unter dem Namen Clemens IV. befreite ihn aus dieser Gefangenschaft, aber nur auf kurze Zeit, um eine desto längere anzutreten. Clemens IV. starb näm-lich schon nach einer nur dreijährigen Regierung im J. 1268, und unter seinem Nachfolger Nikolaus III. brachte

es der damalige General des Franziskaner-Ordens Hieron. v. Esculo (Asculi) dahin, daß Baco's Schriften verboten wurden und er selbst in Frankreich, wohin er sich nach seiner ersten Gefangenschaft begeben hatte, zum zweiten Male eingekerkert ward. Diese zweite Gefangenschaft dauerte zehn Jahr; sie endete erst nach dem Tode Nikolaus III., als jener Hieron. v. Esculo unter dem Namen Nikolaus IV. den päpstlichen Stuhl bestieg, und einige angesehenere Engländer sich für Roger Baco verwandten. So kehrte er denn 1288 aus Frankreich nach Oxford zurück, beschäftigte sich aber von nun an bloß mit theologischen Dingen bis zu seinem Tode.

Roger Baco war ein Mann von großer Gelehrsamkeit, von den Zeitgenossen Doctor mirabilis genannt; was aber noch mehr ist, er besaß eine Erfindungsgabe und einen Reichthum von eigenen Ideen, die, wenn er in aufgeklärteren Zeiten und unter günstigeren Verhältnissen gelebt hätte, ihn gewiß zu mancher wichtigen Entdeckung und Erfindung geführt haben würden. So aber blieben seine Ideen bloß Projekte, mit denen seine Werke reichlich angefüllt sind. Unter Anderem spricht er von einem sich selbst bewegenden Wagen, von einer Maschine zum Fliegen, von Vorrichtungen zum Fortschaffen von Lasten, aus denen überall jenes Talent zur praktischen Mechanik hervorleuchtet, wodurch sich noch jetzt die Engländer im Allgemeinen so sehr zu ihrem Vortheil auszeichnen.

Durch seine lebhaftere Einbildungskraft und durch seine Zuversicht zur möglichen Realisirung seiner Ideen wurde R. Baco zugleich verleitet, von seinen Ideen häufig so zu reden, wie wenn sie schon ausgeführt wären. Da nun sein Vortrag mitunter etwas dunkel ist, Wahres und Falsches durcheinander wirft, so ist er denn besonders bei hyperpatriotischen Landsleuten in den Ruf mancher Entdeckung und Erfindung gekommen, auf welche er bei Licht betrachtet keinen Anspruch hat. Diese Bemerkung findet zunächst ihre Anwendung, wenn wir R. Baco's Verdienste um die Optik näher betrachten.

Einige englische Schriftsteller, z. B. Wood, Molineux, Jebb, Brewster und Andere, welche ihrer Nation gern so wichtige Erfindungen wie die der Lupen und Fernröhre vindiciren möchten, behaupten, R. Baco habe die ältesten Ansprüche darauf. Andere unpartheiische Männer, und darunter selbst Engländer wie R. Smith und Priestley, erheben solche Ansprüche nicht für ihn, und sind sogar der Meinung, er habe wenig mehr geleistet als Ptolemaeus und Alhazen, seine Lehrer in der Optik. Wirklich geht in Betreff der Lupen aus seinen Schriften auch nur hervor, daß er mit gläsernen Kugelsegmenten experimentirte, deren Vergrößerungskraft ja schon Alhazen kannte. Was er bei dieser Gelegenheit sagt, scheint in der That bloß Idee gewesen zu sein, von eigentlichen Linsen, bikonvexen oder konkavkonvexen, ist bei ihm nicht die Rede. Er bildet nur Kreisbögen ab und spricht von der Vergrößerung des Gegenstandes, je nachdem das Auge sich auf der konkaven oder konvexen Seite des Bildes befinde, läßt es aber ungewiß, was er sich bei der Figur dachte. Gleiches gilt von seinen Ansprüchen auf die Erfindung der Fernröhre; man kann nicht unterscheiden, ob er wirklich ein solches ausgeführt habe oder nur aus der Wirkung eines Kugelsegments auf die Möglichkeit der Konstruktion dieses Instrumentes schließt. Dasselbe kann man von seiner angeblichen Erfindung der Camera obscura sagen.

Dagegen gebührt R. Baco das Verdienst, zuerst die Lage des Brennpunkts bei einem sphärischen Hohlspiegel richtig angegeben zu haben, eine Lage, über welche selbst spätere Physiker sich nicht einigen konnten. Ebenso gab er eine Anleitung zur Verfertigung parabolischer Brennspiegel, wiewohl es nicht scheint, daß er dieselbe wirklich ausgeführt habe. Seine optischen Bemühungen hat er zusammengestellt in einem Werke unter dem Titel *Opus majus*, das er 1267 zur Rechtfertigung auf die gegen ihn erhobene Klage der Ketzerei und Zauberei niederschrieb, und seinem Gönner Papst Clemens IV. übersandte. Der Titel bezieht sich auf ein *Opus minus* und *Opus tertium*,

welche er beide gleichfalls dem Papste zustellte. Einiges findet sich auch in seiner *Perspectiva* und seiner *Specula mathematica*.

Als Beweis von R. Baco's hellen Einsichten will ich noch erwähnen, daß er schon die Fehlerhaftigkeit des Julianischen Kalenders erkannte, und daher im J. 1267 bereits seinem Gönner Clemens IV. jene Verbesserung des Kalenders anrieth, welche, da sie Clemens nicht zweckmäßig schien, erst gegen Ende des XVI. Jahrhunderts durch den Papst Gregor XIII. ins Werk gesetzt wurde.

Außer der Physik war die Chemie und Alchemie eine Hauptbeschäftigung Baco's, wovon seine zahlreichen Schriften chemischen und alchemistischen Inhalts Zeugniß geben, in deren Titeln sich schon zum Theil der Geist des Zeitalters hinreichend abspiegelt; so u. A. *Medulla alchymiae*, *De lapide philosophorum*, *Verbum abbreviatum de leone viridi*, *Secretum secretorum*, *Speculum secretorum*, *Tractatus trium verborum* u. s. w. Ein sehr bedeutender Theil dieser Schriften ist später unter dem Titel *Rogeri Baconis Thesaurus chymicus*, Frankfurt 1603 und 1620 vereinigt worden.

In diesen Schriften erweist sich Baco als Schüler von Geber, dem er auch an reellen chemischen Kenntnissen nichts von Belang hinzufügt. Das einzige Bemerkenswerthe in den chemischen Schriften besteht darin, daß vom Schiefspulver in denselben die Rede ist. Da dies auch in Albrecht v. Bollstaedt's Werken geschieht, und man deshalb wohl den einen und den andern als Erfinder des Schiefspulvers ausgegeben hat, so ist hier wohl der Ort etwas über die Erfindung dieser, man kann wohl sagen, welthistorischen Substanz beizubringen.

Schiefspulver.

42. Im Voraus muß ich bemerken, daß weder Albr. v. Bollstaedt noch R. Baco einen Anspruch auf diese Erfindung haben, letzterer hat nicht einmal das Verdienst die Zusammensetzung des Schiefspulvers deutlich beschrieben zu haben; er giebt sie nur anagrammatisch und unvoll-

ständig an, vielleicht weil er eine deutliche Anweisung als gefährlich für seine Zeitgenossen betrachtete. Er selbst giebt übrigens das Schiefspulver nicht für seine Erfindung aus, sondern spricht nur von ihm als von einer zu seiner Zeit bekannten, wenn auch nicht allgemein bekannten Substanz.

Albr. v. Bollstaedt hat das Verdienst die Bereitung des Schiefspulvers ganz unumwunden zu beschreiben. Er sagt, man müsse 1 Pfund Schwefel, 2 Pfund Weidenkohle und 6 Pfund sal petrosium in einem steinernen Mörser miteinander vermischen. Es ist dies indess nicht die erste uns überlieferte Vorschrift zur Bereitung des Schiefspulvers. Sowohl in Oxford wird nach Dr. Jebb wie auch in Paris¹⁾ von einem Griechen Marcus Graecus ein Manuskript aufbewahrt, das die Anfertigung des Schiefspulvers deutlich beschreibt, außerdem auch die Destillation des Branntweins und des Terpentinöls. Es führt den Titel *Liber ignium ad comburendos hostes*, und schreibt vor 1 Pfund Schwefel, 2 Pfund Kohle und 6 Pfund Salpeter (sal petrosium) in einem Mörser zu zerreiben, damit entweder lange schmale Röhren zu füllen, die durch die Luft flögen, tunica ad volandum (Congrevische Raketen), oder wenn man den Donner nachahmen wolle, kurze dicke Röhren zur Hälfte zu füllen und stark mit Bindfaden zusammen zu schnüren.

Marcus Graecus lebte wahrscheinlich gegen Ende des VIII. Jahrhunderts, denn der arabische Arzt Mesua, der ihn citirt, lebte im IX. Jahrhundert und starb 846 oder nach Anderen 865. — Uebrigens ist der *Liber ignium* noch nicht die älteste Schrift über die Schiefspulverbereitung. Julius Africanus, der im dritten Jahrhundert lebte, beschreibt es schon unter dem Namen πυρ αυτομάτων, und soll man dazu nehmen gleiche Theile Schwefel, Salpeter und Rudonischen Pyrit [Schwefelantimon?].²⁾

Indess ist die Erfindung des Schiefspulvers offenbar weit älter als alle unsere historischen Data darüber; Chi-

¹⁾ Höfer, Hist. de la Chim. I, 284.

²⁾ Höfer, ibid. I, 283, 284.

nesen, Japaner und Inder, wie wenig auch sonst ihren Angaben über das hohe Alter der von ihnen gemachten Erfindungen immer zu trauen ist, haben ganz sicher das Schießpulver weit früher gekannt als die Europäer. Man darf dies um so weniger in Zweifel ziehen, als uns ebenfalls die Kenntniß des Salpeters aus Osten zugekommen ist, und die Araber und Türken sich des Schießpulvers schon sehr frühzeitig gegen die Griechen und Kreuzfahrer bedienten, und dasselbe vermuthlich von den Chinesen direkt oder durch Vermittelung dazwischen liegender Völkerschaften kennen lernten. Man pflegt dafür auch sprachliche Gründe anzuführen, nämlich, daß der Salpeter noch jetzt bei den Persern *Nemek Tschim*, chinesisches Salz, heiße und bei den Arabern *Thelz Sini*, Schnee aus China.

Wie dem auch sein mag, so wird doch in den Kriegen der Griechen und Kreuzfahrer mit den Saracenen so oft und unter solchen Umständen des Feuers als einer Waffe gedacht, daß nicht daran zu zweifeln ist, es sei damit, wenigstens in vielen Fällen, das Schießpulver gemeint. Ebenso weiß man, daß die Tunesen schon 1085 Maschinen auf ihren Schiffen hatten, mit denen sie Feuer warfen, und wie ausdrücklich gesagt wird, unter donnerndem Getöse. Eine gleich lautende Nachricht hat man vom J. 1147, wo sich die Araber gegen die Spanier und gegen die Normannen in Lissabon mit Feuer und Feuergeschütz vertheidigt haben sollen.

Rabbi Benjamin Ben Jona von Tudela, gewöhnlich Benjamin von Tudela genannt, ein Jude, der 1173 von Saragossa aus im Glaubenseifer, um die versprengten Ueberreste seines Volkes aufzusuchen, den größten Theil von Asien durchwanderte und bis China vordrang, ja selbst bis zu den Sundischen Inseln, erzählt, daß er in Persien Feuerwerke gesehen, die man Sonnen nenne.

Auch selbst im Abendlande giebt es ältere Dokumente über die Kenntniß und Anwendung des Schießpulvers als die Werke von Bollstaedt und Baco, denn es ist erwiesen, daß das Schießpulver schon im XII. Jahrhundert

im Rammelsberg bei Goslar zum Sprengen des Gesteins angewandt wurde, woraus sich bei der Langsamkeit, mit der eine jede neue Erfindung in die Praxis überzugehen pflegt, auf eine noch weit ältere Bekanntschaft mit dieser Substanz schließen läßt. Dieser Gebrauch des Pulvers in Bergwerken gab vielleicht Veranlassung, daß Heinrich, Pfalzgraf am Rhein, ein Sohn Heinrich des Löwen, auf seinem Kreuzzug ins Gelobte Land im J. 1200 die Mauern von Tyrus mit Pulver sprengen ließ.

Nach Allen diesem läßt sich schon beurtheilen, was von der gewöhnlichen Sage zu halten ist, daß **Barthold Schwarz**, ein deutscher Mönch, der Erfinder des Schießpulvers sei. Man weiß nicht einmal, wann und wo derselbe geboren ist, wann und wo er seine Erfindung gemacht haben soll. Nach Einigen ist Freiburg im Breisgau sein Geburtsort, nach Andern Mainz, nach noch Andern Nürnberg; nur darin kommen alle Historiker überein, daß sie ihn zu einem Franziskaner machen. Ebenso verschieden wird der Ort und die Zeit seiner Erfindung angegeben. Einmal soll sie zu Goslar, ein anderes Mal zu Köln gemacht worden sein, und was die Zeit betrifft, so schwanken die Angaben darüber gewöhnlich von 1318 bis 1380, ja einige Historiker verlegen seine Erfindung sogar in die Zeiten Albr. v. Bollstaedt's.

Wenn es nun nach allen diesen Widersprüchen wenig Wahrscheinlichkeit hat, daß **Barthold Schwarz** selbst nur für Deutschland der Erfinder des Schießpulvers sei, so wollen doch einige Geschichtsforscher, z. B. Robins, daß das Unglück, welches **Barth. Schwarz** bei seinen Experimenten begegnet sein soll, Veranlassung gegeben habe das Schießpulver zum groben Geschütz anzuwenden. Soviel scheint wenigstens einigermaßen erwiesen, daß die Anwendung des Pulvers zum Schießen, nicht zum Sprengen, erst von der letzten Hälfte des XIV. Jahrhunderts datirt. Ueberhaupt giebt es wenig chemische Substanzen, deren Geschichte zu so vielen gelehrten Forschungen Anlaß gegeben und doch im Ganzen so wenig zuverlässige Resultate

geliefert hat, als eben das Schießpulver. Man weiß nicht einmal ob jener angebliche Erfinder, der sich aus Unverstand selbst in die Luft sprengte, wirklich **Barth. Schwarz** geheissen habe. Einige nennen ihn auch **Konstantin Anklitzen** oder **Anglitzon** und meinen, dies sei sein rechter Name, jener nur sein Klostername.

Das berühmte griechische Feuer, $\kappa\upsilon\rho\ \acute{\upsilon}\gamma\rho\acute{o}\nu$ von den Griechen genannt, mit welchem der Kaiser Konstantin IV. Pogonatus im J. 670 die Flotte der Saracenen vor Konstantinopel verbrannte, und welches ihm von einem Griechen **Kallinikus** aus Heliopolis in Phönicien, einem Ueberläufer von den Saracenen, angegeben wurde, ist wohl kein Schießpulver gewesen, sondern vielmehr Bergöl, das angezündet auf Wasser brennt, oder brennendes Harz, welches mit Pfeilen fortgeschossen wurde. Wenig zweifelhaft ist es indeß, daß sich die Griechen bereits im IX. Jahrhundert des Schießpulvers als Vertheidigungsmittels bedienten.¹⁾

Optik.

43. Aufser den beiden universellen Geistern A. v. Bollstaedt und R. Baco finden wir im XIII. Jahrhundert noch ein Paar Männer, die einen speciellen Theil der Physik nämlich die Optik kultivirten, es waren dies **Vitello** und **Peckham**.

Von **Vitello** besitzen wir ein Werk, das ein gewisser **Risner** drei Jahrhunderte hernach aus mehreren handschriftlichen Exemplaren möglichst fehlerfrei hergestellt, und 1572 zu Basel hat drucken lassen, zusammen mit der Optik von **Alhazen**. In diesem Buch wird **Vitello** ein filius Polonorum et Thuringorum genannt, was man so ausgelegt hat, daß sein Vater aus Polen und seine Mutter aus Thüringen gewesen sei, oder auch umgekehrt. Sonst weiß man nur, daß er ein Mönch war, auf einer Reise in Italien bei Betrachtung eines klaren Wasserfalles zu optischen Studien angeregt worden, und seine Optik in Folge der Aufforde-

¹⁾ Höfer, Hist. de la Chim. I, 283.

rung des Dominikaners Wilh. de Morbeta schrieb, der ums J. 1269 lebte. Vitello ist wahrscheinlich nicht sein rechter Name, entweder ist es der Klostername oder auch eine Latinisirung des wahren Namens Witelo.

Vitello's Werk ist ein Summarium alles dessen, was die Alten und Alhazen über Optik geleistet haben; es ist daher von beträchtlichem Umfang, enthält jedoch des Eigenthümlichen und Neuen im Ganzen wenig. Dazu kann man rechnen eine Reihe Versuche über die Brechung des Lichts beim Uebergang aus Luft in Wasser oder Glas, und aus Wasser in Glas, bei welchen Vitello aber, gleich Ptolemaeus und Alhazen, dabei stehen blieb, die Winkel der Incidenz und Refraktion anzugeben. Daraus erhellt jedoch, daß die Messungen etwas genauer waren als die von Ptolemaeus, denn für das Sinusverhältniß ergibt sich:

	Wasser	Glas
bei Ptolemaeus . . .	0.767	0.687
- Vitello	64	69
- Newton	48	45.

Bei diesen Messungen machte Vitello die sehr natürliche, aber vor ihm noch außer Acht gelassene Bemerkung, daß die beiden Winkel, um die es sich bei der Refraktion handelt, dieselben bleiben, es mag das Licht aus einem lockeren in ein dichteres oder aus einem dichten in ein lockeres Mittel treten.

Er vervollständigte auch dadurch die Kenntniß von der Reflexion und Refraktion, daß er zeigte, es gehe in beiden Vorgängen ein gewisser Antheil Licht verloren. Dies war ein Fortschritt, weil man bis dahin immer nur die Richtung der Strahlen beachtete, nicht ihre Intensität, welche freilich Vitello auch noch nicht maß.

Mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung, welche die Refraktion immer begleitet, war Vitello faktisch bekannt, und zuerst durch die am Wasserfall zu Viterbo gesehenen Regenbogenfarben auf ihre Betrachtung aufmerksam geworden. Er ging auch hier etwas weiter als seine Vorgänger, indem er die Regenbogenfarben durch ein mit

Wasser gefülltes und in den Sonnenschein gestelltes Glas künstlich hervorbrachte. Die Farben, die er dabei auf dem Fußboden seines Zimmers entstehen sah, hielt er aber doch nicht für die wahren Regenbogenfarben, einerseits weil er meinte, daß diese von den natürlichen doch etwas verschieden seien, und dann weil man sie nicht wie beim Regenbogen durch Zurückstrahlung sehe, sondern durch Transmission.

Was den Regenbogen betrifft, so ist es wirklich wunderbar, wie nahe Vitello der richtigen Theorie kam und sie dennoch verfehlte. Er läßt den Regenbogen nicht bloß durch Reflexion entstehen, wie seine Vorgänger, sondern nimmt noch die Refraktion hinzu, weil, wie er richtig bemerkt, die Sonnenstrahlen auf einen durchsichtigen Körper fallen, der einen Theil derselben einlassen müsse, und daher auch nur einen Theil reflektiren könne. Aber dennoch scheint er die Refraktion nur als ein Mittel zur Verstärkung des in's Auge gelangenden Lichtes anzusehen. Ungeachtet hier Vitello auf halbem Wege stehen blieb, so ist doch nicht unwahrscheinlich, daß er seine Nachfolger auf die richtige Bahn leitete. Er nahm übrigens, wie Aristoteles, nur drei Farben an unter den Namen: *alurgus*, *viridis*, *puniceus*. — Das Funkeln der Fixsterne, die *scintillatio*, erklärte er aus der Bewegung der Luft, was falsch ist, aber lange für richtig gehalten wurde.

Der zweite optische Schriftsteller, dessen wir aus dem XIII. Jahrhundert zu erwähnen haben, ist Joannes Peckham, Erzbischof zu Canterbury, geb. 1228, gest. 1291. Einige schreiben ihn auch Peckam, Pecham, Petsan, latinisirt Joannes Pisanus, machen ihn auch wohl zum Bischof von Cambray. Das unter dem Titel *Perspectiva communis* auf uns gekommene Werk ist indels nichts als ein unklarer Auszug aus Alhazen, und verdient nur als Beispiel des Interesses, welches man in jener Zeit der Optik schenkte, angeführt zu werden.

Glasspiegel. Brillen.

44. Wichtiger und folgenreicher sind ein Paar technische ins Gebiet der Optik gehörende Erfindungen, die man dem XIII. Jahrhundert verdankt. Zunächst die der eigentlichen Glasspiegel, der belegten.

Unbelegte Glasspiegel kannten und brauchten schon mitunter die Alten, wenigstens in der späteren Zeit, wiewohl sie sich für gewöhnlich der Metallspiegel bedienten (s. § 6), aber keiner ihrer Schriftsteller erwähnt der Belegung von Glasspiegeln; sogar einer des XIII. Jahrhunderts, **Antonius v. Padua**, der 1231 starb, sagt ausdrücklich, ein Spiegel sei nichts anderes als das reinste Glas. Es ist also klar, daß man sich bis dahin nur eines unbelegten Glases zu Spiegeln bediente.

Der erste, der von belegten Spiegeln redet, ist **Vincens v. Beauvais**, der ums J. 1240 schrieb. Er hält die gläsernen mit Blei überzogenen Spiegel für die besten; auch in **Peckham's** Perspektive ist der Bleibelegung der Spiegel gedacht¹⁾. Ebenso redet **Raimund Lull** viel von den mit Blei belegten Gläsern, und beschreibt umständlich das Verfahren ihrer Anfertigung. **Ramon Lull**, lat. **Raimundus Lullus**, geb. 1235 zu Palma auf Majorka, gest. vermuthlich 1315 zu Tunis, war ein seiner Zeit berühmter oder berühmter Alchemist, der ein höchst abenteuerliches und unstetes Leben führte, nichts desto weniger aber eine Masse von kleineren und größeren Schriften in die Welt gesetzt hat.

Aus dem Angeführten erhellt übrigens, daß die ersten Spiegelbelege aus Blei bestanden; die Erfindung Blattzinn mit Quecksilber getränkt, also Zinnamalgam, zur Belegung des Glases anzuwenden, ist viel neuer, und fällt erst ins XIV. Jahrhundert. Ihr Urheber ist aber ebenso unbekannt wie der der Bleibelegung; aller Wahrscheinlichkeit nach gehörten beide nicht zum Gelehrtenstande, und ihre Namen

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. II, 267.

gingen verloren, da sie ihre Erfindungen nicht durch Schrift verewigten.

Die andere Erfindung, die sich unmittelbar an die der belegten Glasspiegel schließt und nicht minder nützlich als sie genannt werden muß, ist die der Brillen. Wann und wie diese Erfindung gemacht worden ist, weiß man wiederum nicht, selbst ihr Urheber ist nicht ganz sicher. Es ist möglich, daß die Werke von Alhazen und Roger Baco dazu Veranlassung gaben, da in ersteren von der vergrößernden Kraft eines gläsernen Kugelsegments die Rede ist, und in letzteren auch der Fall betrachtet wird, daß die lichtbrechende Substanz konkav gegen das Auge ist. Von diesen Andeutungen bis zur wirklichen Verfertigung der Brillen war indeß noch ein bedeutender Schritt, und wenn der Erfinder denselben auf theoretischem Wege gethan hätte, würde er sicher sehr ehrenvoll für ihn gewesen sein. Allein muthmaßlich hat nicht Theorie, sondern Zufall oder bloßes Probiren diese Erfindung ins Leben gerufen.

Nach der gewöhnlichen Annahme ist ein florentiner Edelmann Salvino degli Armati, der 1317 starb, der Urheber dieser Erfindung. Man stützt sich dabei auf eine Grabschrift, die ehemals in der Kirche Maria maggiore in Florenz befindlich gewesen ist, und die uns ein gewisser Leopoldo del Migliore 1684 in seinem *Firenze illustrata* aufbewahrt hat. Sie lautet: *Qui giace Salvino degli Armati di Firenze, inventore degli occhiali. Dio gli perdoni le peccata. MCCCXVII.*

Dies Zeugniß wird nun freilich nicht anderweit bestätigt, allein mehrere Nachrichten kommen wenigstens darin überein, daß die Erfindung der Brillen in die Zeit fällt, in welcher hiernach Salv. degli Armati gelebt haben muß. So weiß man, daß Alexander de Spina, ein Dominikaner aus Pisa, der 1313 starb, bei Jemand ein Paar der damals eben erst erfundenen Brillen sah, und da diese Person ihm die Kunst ihrer Anfertigung nicht mittheilen wollte, darüber nachdachte und so das Brillenschleifen zum zweiten Male erfand. Ein anderes Zeugniß über das un-

gefährte Alter der Erfindung giebt das Wörterbuch der Accademia della Crusca beim Worte Occhiali.

Die Accademia della Crusca wurde 1582 zu Florenz gestiftet und hatte den Zweck, die italienische Sprache von der Spreu oder Kleie, Crusca, zu reinigen, daher ihr Name: Akademie der Kleie, Academia furfuratorum. In ihrem Wörterbuch heisst es nun beim Worte Occhiali: *Bruder Jordano de Rivalto sagt in der im J. 1305 veranstalteten Sammlung seiner Predigten: Es seien noch nicht 20 Jahre, daß man die vortreffliche Erfindung der Brillen gemacht habe.* Danach wäre die Erfindung in das J. 1285 zu versetzen.

Die älteste Nachricht über die Brillen stammt vom J. 1299 und findet sich in einem Manuskript, das ein gewisser Redi besaß. Sie lautet: *Ich finde mich so beschwert vom Alter, daß ich ohne die sogenannten Augengläser, die vor Kurzem zum Vortheile der armen Alten erfunden worden sind, weder lesen noch schreiben könnte.*

Nach allen diesen Zeugnissen scheint es ziemlich gewiß zu sein, daß die Zeit der Erfindung der Brillen in das letzte Drittel des XIII. Jahrhunderts fällt, und da nirgendwo dem Salvino degli Armati die Urheberschaft streitig gemacht wird, so kann man auch denselben bis auf Weiteres für den Erfinder ansehen. Ueber die Beschaffenheit der ersten Brillen, ob sie nämlich konvex oder konkav waren, weiß man nichts, ebenso über die äußere Einrichtung derselben. Ihre gegenwärtige Gestalt haben sie erst später erhalten. Anfangs befestigte man sie an der Mütze, die zu dem Ende weit über die Stirn bis an die Augenbraunen herabhing, nachher befestigte man sie an der Nase durch einen Haken.

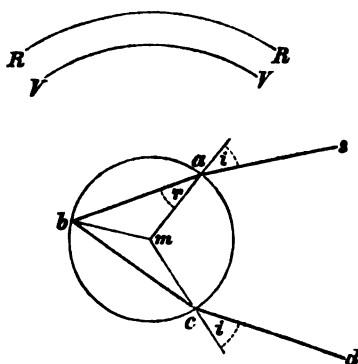
Das Wort Brille, oder wie man ehemals sagte Barill, soll nach Einigen von Beryll herkommen, vielleicht weil man die ersten Augengläser von grünem Glase machte, und dadurch an den gleichfarbigen Edelstein erinnert wurde.

Vierzehntes Jahrhundert.

45. Das XIV. Jahrhundert ist im Ganzen für die Geschichte der Physik ein unfruchtbares, ja es ist ohne Vergleich ärmer als das dreizehnte. Dennoch treffen wir darin sogleich zu Anfang desselben eine Erscheinung, die für die Zeit im höchsten Grade bemerkenswerth ist, nämlich das optische Werk des Bruders Theodorich: *De radiis impressionibus*.

Dieser Bruder Theodorich vom Orden der Predigermönche war ein Sachse von Geburt, und schrieb sein Werk, das er dem Ordensgeneral Aymericus Placentinus widmete, ums J. 1311. Das Buch befand sich lange im Kloster der Predigermönche zu Basel, und kam zur Zeit der Reformation in die öffentliche Bibliothek der Stadt. Der durch mehrere hydraulische Schriften rühmlich bekannte Italiener G. B. Venturi bekam Nachricht von diesem Buch in einem andern Werk: *Ueber die Schriftsteller des Ordens der Predigermönche*. Er wandte sich deshalb an den Professor Huber in Basel, bekam es von diesem zur Durchsicht, und machte den Inhalt desselben in einem Werke bekannt, welches den Titel führt: *Commentari sopra la storia e la teoria dell' ottica*. Bologna 1814.¹⁾

Fig. 2.

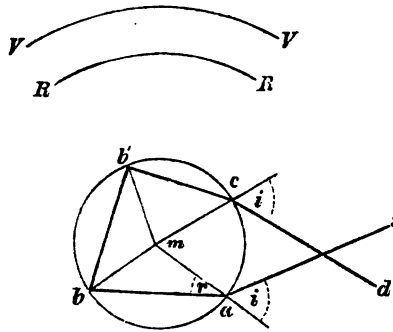


Aus diesem Werke geht hervor, daß der Verfasser, ohne Kenntniß von dem Refraktionsgesetz zu haben, die Entstehung beider Regenbogen genügend erklärt, als alle Physiker vor Descartes und in einer Weise, die wir jetzt noch als die allein richtige anerkennen. Danach entsteht der innere oder Hauptbogen aus Strahlen $s a$ (Fig. 2), welche in die obere Hälfte der Tropfen bei a eintreten, hier ge-

¹⁾ Gilbert's Ann. LII, 406.

brochen und dann vom Hintergrund b des Tropfens reflektirt werden, worauf sie aus der unteren Hälfte nach abermaliger Brechung bei c austreten, und bei d in das Auge des Beobachters gelangen. Der äußere Bogen dagegen wird von Strahlen erzeugt, die in den unteren Theil der Tropfen bei a Fig. 3 eindringen und nach zweimaliger Reflexion an der Rückwand b , b' und einer zweiten Brechung c aus dem oberen Theil des Tropfens nach d herabkommen. Weshalb aber nur die an bestimmten Stellen im Tropfen erfolgende Reflexion die bekannte Wirkung hervorbringt, erklärt Theodorich durch die allerdings wenig befriedigende

Fig. 3.



Annahme, daß diese Stellen besonders von der Natur dazu bestimmt seien. Eine sachgemäße Auseinandersetzung darüber, wie sie später von Descartes gegeben ist (§ 139), war freilich bei dem Zustand der Optik zu Theodorich's Zeiten noch nicht möglich. Die Beziehungen zwischen Einfallswinkel i und Brechungswinkel r , sowie die Ursache der entgegengesetzten Farbenfolge von Roth nach Violett in Haupt- und Nebenbogen (R und V in den Figuren) sind erst lange nach ihm gefunden. Seine werthvolle Arbeit hat leider dadurch, daß sie Jahrhunderte hindurch verborgen und unbekannt blieb, den Einfluß auf die Wissenschaft nicht üben können, der unter günstigeren Umständen unzweifelhaft erfolgt wäre; erst spät ermittelte man aufs

Neue die Thatsachen, welche in jenem Buch bereits längst enthalten waren.

Erfindung des Kompasses.

46. Wir können das XIV. Jahrhundert nicht verlassen, ohne den Anspruch, den dasselbe auf eine der wichtigsten und einflussreichsten Erfindungen erhebt, etwas näher zu beleuchten.

Nach der gewöhnlichen Annahme soll im J. 1302 oder 1303 ein erfahrener Seemann im Neapolitanischen, **Flavio Gioja** mit Namen, aus dem Dorfe Pasitano bei Amalfi gebürtig den Kompaß erfunden haben. Die Annahme gründet sich hauptsächlich auf die Aeußerung eines Schriftstellers des XIV. Jahrhunderts **Anton v. Bologna**, und zur ferneren Rechtfertigung derselben führt man auch noch andere Gründe an. So verweist man wohl auf die dem französischen Wappen entnommene Lilie, mit der noch jetzt in der Regel der Nordpol der Kompaßnadeln bei Schiffen bezeichnet ist, und bemerkt dabei, **Gioja** habe diese Bezeichnungsart gewählt zu Ehren der damaligen neapolitanischen Dynastie, die aus dem Hause der französischen Grafen von Anjou herstammte. Man beruft sich ferner darauf, daß die Neapolitaner, um die wichtige Erfindung ihres Landsmannes zu verewigen, demselben auf der Börse von Neapel eine eherne Bildsäule haben setzen lassen mit der Inschrift, daß er der Erfinder des Kompasses sei. Endlich führt man auch das Zeugniß mehrerer Schriftsteller an, namentlich eines gewissen **Arrigo Brechmann**, daß die Stadt Amalfi in ihrem Wappenschild eine Kompaßnadel führe.

Nichts destoweniger kann eine genauere historische Untersuchung dem **Gioja** auf die Erfindung des Kompasses durchaus keinen Anspruch zugestehen, höchstens ihm das Verdienst lassen, dies wichtige Instrument in die neapolitanische Schifffahrt eingeführt, oder mit dieser oder jener zweckmäßigen Einrichtung versehen zu haben.

Zuvörderst muß ich bemerken, daß die Angabe von der Magnetnadel in dem Wappenschild der Stadt Amalfi unbegründet ist. Es befinden sich darin unter andern Symbolen nur ein Paar Flügel, deren Bedeutung nicht zu errathen ist; dann weiß man durchaus nichts von dem Leben des Gioja, den Einige auch Giri oder Gira und seinen Vornamen Giovanni statt Flavio nennen; selbst die Zeit seiner angeblichen Erfindung wird verschieden angegeben: 1300 statt 1302 oder 1303, auch wohl 1320.

Dies alles würde freilich noch nicht hinreichend sein der Stadt Amalfi die Ehre des Geburtsorts der Kompasserfindung streitig zu machen, allein es giebt Dokumente in großer Zahl, welche unzweideutig beweisen, daß jenes wichtige Instrument lange vor den Zeiten Gioja's bekannt gewesen ist. Ich meine damit nicht die Ansprüche, die Professor Hansteen in Christiania in seinem Werke über den Magnetismus der Erde für seine Landsleute die Normänner erhoben hat, denn diese sind nicht besser begründet als die der Neapolitaner, wie wir sogleich sehen werden. Hansteen beruft sich auf das Landnamabok, das Geschichtswerk über die Entdeckung Islands, in welchem der Verfasser desselben Are Frode folgendermaßen sich ausspricht: *Floke Vilgadarson, der dritte Entdecker dieser Insel, ein berühmter Viking oder Seeräuber, ging etwa ums J. 868 von Rogaland in Norwegen aus um Gardarsholm, d. i. Island, aufzusuchen. Er nahm drei Raben mit, welche ihm als Wegweiser dienen sollten. Um sie zu diesem Gebrauch einzuweihen, veranstaltete er in Smörsund, wo seine Schiffe segelfertig lagen, ein großes Opfer, denn damals hatten die Seefahrer in den nördlichen Ländern noch keinen Leidarstein (Leitstein).*

Dieser Are Frode, der Verfasser des Landnamabok ist 1068 geboren, und hat also wahrscheinlich seine Entdeckungsgeschichte am Schlusse des XI. Jahrhunderts geschrieben. Wäre diese Stelle aus dem Original-Manuskript von Are Frode geschöpft, so würde man unbedenklich den alten Normannen schon im XI. Jahrhundert die Kenntniß

des Kompasses beilegen müssen; allein gegen die Aechtheit und das Alter jener Stelle lassen sich sehr gewichtige Zweifel erheben. Frode schrieb sein Landnamabok allerdings im XI. Jahrhundert, allein es wurde einige Jahrhunderte darauf von Hauk Erlandson, der 1334 starb, revidirt und vervollständigt, und grade das Kapitel, worin die eben erwähnte Stelle vorkommt, ist, wie ein anderer nordischer Schriftsteller Johann Finnaeus berichtet, von jenem Hauk verfaßt. Ueberdies fehlt jene Stelle in drei Manuskripten, die man vom Landnamabok besitzt, mithin ist es also höchst zweifelhaft, daß die alten Normannen schon im XI. Jahrhundert Kenntniß von dem Kompaß besaßen, und das sichere Datum aus Hauk Erlandson's Zeiten wäre jedenfalls nicht älter als der Anspruch der Neapolitaner, ginge wie dieser nur bis zum XIV. Jahrhundert zurück.

Dagegen giebt es andere Dokumente, die mit voller Zuverlässigkeit beweisen, daß der Kompaß lange vor Gioja und Erlandson in Europa bekannt war. Das erste und älteste Dokument dieser Art ist ein satyrisches Gedicht, welches Guyot de Provins ums J. 1190 verfaßt hat unter dem Titel *La Bible*. In diesem Gedicht wird unumwunden gesagt, daß, wenn der Himmel bedeckt sei und man weder Mond noch Sterne sehen könne, die Schiffer die Magnetnadel zu Rathe zögen. Es ist dabei von der Magnetnadel nicht als von einer neuen Erfindung die Rede, sondern als von einer bei Seefahrern ganz bekannten Sache.

Der zweite Schriftsteller, der des Kompasses erwähnt, ist Jacques de Vitry. Dieser war zu Argenteuil geboren und Bischof zu Ptolemais. Zur Zeit des vierten Kreuzzugs, also 1204, ging er nach Palästina, blieb einige Jahre dort, kehrte dann zurück, machte 1210 als Legat des Papstes Innocenz III. den Krieg gegen die Albigenser mit, und reiste abermals insgelobte Land, aus welchem er dann nach mehrjährigem Aufenthalt zurückkehrte. Er starb 1224.

Jacques de Vitry hat eine *Historia orientalis* geschrieben, deren erster Theil eine Beschreibung von Palästina ent-

hält. Dieselbe ist, wie das ganze Werk zwischen 1215 und 1220 abgefaßt, und es wird darin deutlich von der Magnetnadel gesprochen, und zwar ebenfalls nicht als von einer neuen Sache. Der Magnet wird darin *Adamas* genannt, ein in diesem Sinne den Alten ganz unbekanntes Wort, und hinzugesetzt, er würde in Indien gefunden und ziehe vermöge einer unbekannten Eigenschaft das Eisen an. Eine Eisennadel richte sich, nachdem sie mit dem *Adamanti* berührt worden, nach dem Nordpol, und sei daher den Schiffen auf dem Meere von großer Wichtigkeit. Von dem Worte *Adamas*, das hier zuerst als Bezeichnung des Magneten vorkommt, wird von Einigen das französische *Aimant* abgeleitet. Wahrscheinlicher ist indess die Herleitung des letzteren Wortes von *aimer* lieben, und wäre hiernach *Aimant* eine Abkürzung von *Pierre aimant*. Gewiß ist wenigstens, daß der Magnet in anderen Sprachen genau denselben Namen führt, z. B. im Chinesischen *thou chy*, zu deutsch liebender Stein.

Der dritte Schriftsteller, der vor *Gioja's* Zeiten von der Magnetnadel spricht, ist der französische Dichter *Gauthier d'Espinois*, der ums J. 1250 in einem Liede sagt: Wie sich die Magnetnadel (*Aiguille*) gegen den Magnet richte, so wende sich alles zu der Schönen, die er in seinem Liede besingt. Der Magnet wird dabei zum ersten Male *Aimant* genannt.

Ungefähr um dieselbe Zeit, d. h. 1260, schrieb ein berühmter Grammatiker *Brunetto Latini* aus Florenz, der Lehrer des großen Dichters *Dante Alighieri*, ein Buch in französischer Sprache betitelt *Tresor*, worin ebenfalls ganz deutlich vom Kompaß, *aiguille d'aymant*, die Rede ist. Dieser *Brunetto* scheint die Magnetnadel von *Roger Baco* kennen gelernt zu haben, wenigstens sagt derselbe dies unumwunden in einem Briefe, den ein Engländer aufgefunden und 1802 bekannt gemacht hat.

Auch *Albr. v. Bollstaedt* und *Vincent v. Beauvais* sprechen von dem Magnet und dessen Anwendung in der Schifffahrt, wie ich schon früher erwähnt, wiewohl das

Buch der Steine von Aristoteles, aus welchem sie beide ihre Kenntniss geschöpft zu haben scheinen, nicht von dem berühmten Lehrer Alexanders des Großen ist, und keinen Beweis von der Bekanntschaft der Alten mit dem Magnet abgibt. Endlich sagt auch der bekannte Jesuit Riccioli in seiner *Hydrographia et Geographia*, daß unter der Regierung des heiligen Ludwig (1226—1270) die französischen Schiffer schon für gewöhnlich sich der Magnetnadel bedienten.

47. Nach allen diesen Zeugnissen können demnach weder die Normänner noch die Neapolitaner den geringsten Anspruch auf die Ehre der Erfindung des Kompasses erheben. Es fragt sich nun, wem man dieselbe denn zuschreiben soll. Zunächst werden wir dabei an die Araber verwiesen, da das Werk, aus welchem Albr. v. Bollstaedt und Vincent v. Beauvais schöpften, arabisch geschrieben war. Auch fragt es sich vorerst, ob die Araber denn wirklich früher als die Europäer mit dem für die Schifffahrt so unentbehrlichen Instrument bekannt gewesen seien.

Einige läugnen sogar dieses und stützen sich dabei auf den arabischen Astronomen Ibn Yunis, welcher ums J. 1007 ein Werk verfaßt hat, worin er alle damals bekannten Instrumente aufzählt, sonderbarer Weise der Magnetnadel aber nicht gedenkt. Darauf läßt sich indess mit Grund erwidern, daß die Araber sehr wohl vom J. 1007 bis 1250, der Zeit, wo A. v. Bollstaedt und Vinc. v. Beauvais schrieben, mit der Magnetnadel bekannt geworden sein konnten, und wirklich giebt es auch ein gleichzeitiges arabisches Werk, worin der Gebrauch der Magnetnadel ganz deutlich beschrieben wird. Es führt den Titel *Schatz der Kaufleute für die Kenntniss der Steine*, und ist von dem Araber Bailak 1242 verfaßt.

Es wird darin gesagt, daß die Schiffer, welche das Meer von Syrien befahren, wenn die Nacht dunkel sei, so daß man keine Sterne sehen könne, ein Gefäß mit Wasser nähmen, ein Kreuz von Holzstäbchen auf das Wasser legten, und auf dieses Kreuz wiederum einen

Magnetstein so groß wie die Handfläche, und daß dieser Stein mit seinen beiden Spitzen nach Nord und Süd zeige. Auch bei den Europäern haben die Kompassse der Schiffer anfangs diese Einrichtung gehabt, und daher stammt der Name *Calamita*, mit dem noch heut zu Tage die Italiener, die Neugriechen, Kroaten und Bosniaken die Kompaßnadel bezeichnen; er stammt von *Calamites* Laubfrosch. Von dem Gebrauch eines solchen Kompasses, sagt nun **Bailak**, wäre er selbst Zeuge gewesen auf einer Reise, die er im J. 1242 von Tripoli in Syrien nach Alexandrien machte. Er setzt merkwürdiger Weise noch hinzu: die Schiffer, welche das Indische Meer befahren, ließen statt des Holzkreuzes mit dem Magnetstein einen hohlen eisernen Fisch auf dem Wasser schwimmen, der mit seinem Kopf die Punkte Nord und Süd angebe.

Diese letztere Aeußerung von **Bailak** deutet schon darauf hin, daß der Kompaß nicht von den Arabern erfunden sei, daß wir vielmehr die Erfindung dieses für die Schifffahrt so nützlichen Werkzeuges weiter gen Osten zu suchen haben. Und wirklich bestätigen dies auch die Forschungen des berühmten Sinologen **Julius Klaproth**, die derselbe auf Veranlassung **Al. v. Humboldt's** veröffentlicht hat in *Lettre à Mr. Al. de Humboldt sur l'invention de la boussole* 1834.

48. Nach den gelehrten Untersuchungen von **Klaproth** haben wir es als ganz entschieden zu betrachten, daß der Kompaß eine Erfindung der Chinesen ist, oder wenigstens, daß der Kompaß seit uralter Zeit und früher als in jedem andern uns bekannten Lande in China in Gebrauch gewesen ist. Die historischen Zeugnisse, welche **Klaproth** dafür beibringt, sind so zahlreich und entscheidend, daß wir nicht zu fürchten brauchen es hier mit einer Mystifikation zu thun zu haben, wie solche sonst wohl bei Ansprüchen der Chinesen auf die Priorität europäischer Erfindungen vorkommen. — Fand doch **Babbage** in einem Exemplar chinesischer Logarithmentafeln, die der Pater **Gaubil** 1750 der königl. Gesellschaft zu London geschenkt

hatte, genau die Druckfehler, welche in den 1628 zu Gouda gedruckten Tafeln von Vlacq enthalten sind. — Solche Mystifikationen hat man wie gesagt hier nicht zu fürchten, dafür bürgt die Kritik und Gelehrsamkeit des Sinologen, aus dessen Werke ich nun einige der hauptsächlichsten Belege hervorheben will.

Das älteste schriftliche Dokument von der Kenntniß der magnetischen Polarität und der Magnetisirungskraft des Magneten datirt vom J. 121 n. Chr. Es findet sich in einem Wörterbuch *Schu-e-wen*, welches ein Chinese Namens Hiu-tschin schrieb. Unter dem Artikel Magnet wird darin gesagt, es sei der Name eines Steines, mit welchem man der Nadel Richtung gebe.

Eine ähnliche Stelle findet sich in dem großen Wörterbuch *Poei-wen-yun-fu*, das im XI. Jahrhundert geschrieben ward. Darin heißt es, daß schon unter der Dynastie der Tsin die Schiffer die Richtung nach Süden mittelst des Magneten gefunden hätten. Die Dynastie der Tsin herrschte von 265 bis 419, also wäre der Kompaß schon im dritten bis fünften Jahrhundert auf der See in Gebrauch gewesen. Uebrigens sehen die Chinesen den Südpol als den Hauptpol an, da sie die Magnetnadel nach Süden zeigen lassen.

Die Chinesen wußten nicht nur, daß die Magnetnadel sich in der Hauptsache von Norden nach Süden richte, sondern es war ihnen auch bekannt, daß sie nicht genau diese Richtung annimmt, sondern in der Regel etwas davon abweicht. Sie hatten also schon Kenntniß von dem Phänomen der Deklination oder Abweichung der Magnetnadel. *Ke-u-tsung-chy*, Verfasser einer ums J. 1111 und 1117 geschriebenen Naturgeschichte, sagt in derselben: Wenn man die Spitze einer Nadel mit dem Hi-nan-chy oder schwarzblauen Magnetstein streiche, so zeige sie nach Süden, doch nicht genau nach Süden, sondern etwas nach Osten. Er giebt sogar den Betrag der magnetischen Deklination an, indem er sagt, die Nadel zeige auf den Punkt Ping d. h. $\frac{1}{14}$ des ganzen Kreisumfangs nach Osten; da dies

vom Südpol gilt, so weicht der Nordpol also 15° westlich ab. Es sei noch bemerkt, daß hier die Bussole in 24 Theile getheilt ist, die ihre besonderen Namen hatten.

Wenn man genau wüßte für welchen Ort des großen chinesischen Reichs diese Bestimmung gälte, so könnte man daraus einigen Nutzen für die Kenntniß der säkulären Aenderungen der Deklination ziehen. Gegenwärtig ist die Deklination in China weit geringer, wie dies selbst die Chinesen wissen, indem sie angeben die Deklination sei bei ihnen immer 2 bis $2\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich, niemals kleiner als 2 und größer als 4° , d. h. der Südpol östlich. Dies stimmt mit den Messungen der Europäer einigermaßen überein, denn Pater Amiot fand im J. 1755 für Peking 2° bis $2^{\circ} 30'$ westlich für den Nordpol, und an demselben Ort im J. 1831 fand Fufs $1^{\circ} 48'$. Demnach hätte sich in 76 Jahren die Deklination zu Peking um nicht mehr als $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}^{\circ}$ geändert. Daß daselbst auch früher die Deklination fast denselben Werth gehabt hat, davon zeugen die Baudenkmale der Chinesen. Die Mauern der Stadt Peking, welche unter dem zweiten Kaiser aus der von 1368 bis 1644 regierenden Dynastie der Ming, also vielleicht zu Anfange des XV. Jahrhunderts erbaut wurden, bilden ein Rechteck, von denen zwei gegenüberstehende Seiten sich von Süden nach Norden erstrecken, aber nicht genau im Meridian, sondern $2^{\circ} 30'$ östlich abweichend. Das Zusammenfallen dieser Richtung mit dem magnetischen Meridian beweist, daß die Chinesen sich schon damals der Bussole bei Anlage größerer Bauwerke bedienten.

49. Die Chinesen benutzten indess die Magnetnadel nicht zuerst in der Schifffahrt oder zu geodätischen Zwecken, sondern, was gewiß recht merkwürdig ist, zu Landreisen. Den ältesten Gebrauch machten sie nämlich bei den Tschin-nan-kiu oder magnetischen Karren (Tschin-nan Stützenzeiger und Tschin-nan-tschin Magnetnadel). Diese Karren waren zweirädrige Fuhrwerke, auf welchen vor dem Sitz eine kleine Figur mit ausgestrecktem Arme auf einem Stift beweglich sich befand. In dem ausgestreckten Arm war

ein kleiner Magnetstab, durch welchen dieser Arm immer nach Süden zeigte.

Solcher Karren bedienten sich die chinesischen Kaiser, wenn sie große Reisen oder Kriegszüge durch unbebaute oder wüste Gegenden ihres weitläufigen Reiches unternahmen. Zuweilen hatten diese Karren oder Wagen zwei Stockwerke und neben der magnetischen Figur, welche die Richtung des Weges angab, befanden sich noch zwei andere, welche die Länge desselben anzeigten, vermuthlich durch einen Mechanismus, wie er in den Hodometern angewandt wird. Im oberen Stock, wo eine dieser letzteren Figuren stand, gab dieselbe bei jeder zurückgelegten Li oder chinesischen Meile, von denen 12,7 eine deutsche Meile ausmachen, einen Schlag auf eine Trommel, und bei jeder zehnten Li schlug die zweite eine Glocke. Man sieht hieraus, daß die Chinesen als Erfinder der Hodometer betrachtet werden müssen, und daß ihre Kaiser alle Vorsicht getroffen hatten, sich in ihrem weiten Reiche nicht zu verirren.

Solche Wagen, welche die Kaiser auch wohl als besondere Gunstbezeugungen an die Großwürdenträger ihres Reiches verschenkten, waren nun, wenn man den chinesischen Historikern vollen Glauben schenken darf, seit den urältesten Zeiten in Gebrauch. Man muß aber dabei nicht vergessen, daß die historischen Dokumente, durch welche wir Nachricht von dieser Erfindung erhalten, dies hohe Alter selbst nicht haben. Der Verfasser einer chinesischen Encyclopädie: *Rother Jaspisgarten, worin die Jugend in den Alterthümern unterrichtet wird*, nennt als Erfinder des magnetischen Karrens und der Bussole den Kaiser Tsche-n Kung, der 1100 Jahre v. Chr. lebte. Klaproth jedoch bezweifelt, daß der Erfinder des magnetischen Karrens und der Bussole ein und dieselbe Person sei.

Die mythologische Geschichte der Chinesen setzt das Alter der Erfindung des magnetischen Wagens noch höher hinauf. Nach dieser ist es der Kaiser Huang-ti, der diesen Wagen erfand, und zwar während eines Krieges mit dem

Rebellen Tschu ye-u, als dieser vor einer Schlacht, um das kaiserliche Heer in Unordnung zu bringen, einen furchtbaren Staub erregen liefs. Huang-ti konstruirte nun einen magnetischen Wagen, konnte sich damit orientiren und ward in Folge dessen Besieger des Rebellen. Dies Ereigniß wird ins J. 2364 v. Chr. gesetzt.

Unter den zuverlässigeren Quellen der chinesischen Geschichte sind es die historischen Abhandlungen des **Szu-ma-thsian**, der im II. Jahrhundert v. Chr. lebte, worin zuerst des magnetischen Wagens erwähnt wird. In diesem Geschichtswerk wird gesagt, daß Tschu-u Kung, erster Minister des Kaisers Tschin wang, den Gesandten aus Tunkin und Kochinchina bei ihrer Abreise von dem kaiserlichen Hof in Peking fünf magnetische Wagen mitgab, damit sie sicher den Weg in ihre Heimath fänden. Dasselbe Faktum wird auch in verschiedenen andern chinesischen Geschichtswerken erzählt.

Klaproth bringt über diesen Gegenstand noch verschiedene andere Nachrichten bei, von denen ich hier nur zwei erwähnen will. Die eine derselben sagt, daß unter den Bürgerkriegen, die am Ende der Dynastie Han eintraten, die Kunst der Verfertigung magnetischer Wagen verloren gegangen war, und daß der erste Kaiser der Wei ums J. 235 n. Chr. dem Gelehrten **Ma Kiun** (Dr. Ma) befahl, dergleichen Wagen wieder anzufertigen. Dies gelang ihm auch und der Geschichtsschreiber **Thsui-pao** berichtet, daß alle magnetischen Wagen seiner Zeit vom Dr. Ma herstammten. Dennoch muß die Kunst der Erbauung solcher Wagen nur auf wenige beschränkt gewesen sein. Es wird nämlich erzählt, der Kaiser **Tai-wu-ti**, der von 424 bis 451 n. Chr. regierte, habe dem **Kuo-schung-ming** den Auftrag zur Verfertigung eines magnetischen Wagens gegeben, derselbe habe sich aber ein ganzes Jahr abgequält, ohne daß er damit zu Stande kam. Der Auftrag ging nun auf einen gewissen **Ma-yo** über, der ihn auch glücklich ausführte. Unter der Regierung des Kaisers **Hian-tsung**, zwischen 806 und 820, kamen die magnetischen Wagen

auf, welche auch, wie erwähnt, Figuren Ki-li-ku genannt, besaßen und zugleich die Länge des Weges angaben; dies wäre also die Zeit der Erfindung der Hodometer.

Von China gingen die magnetischen Wagen in der Mitte des VII. Jahrhunderts nach Japan über, sogar das Jahr ist darüber aufbewahrt. Es war im J. 658 n. Chr., wo ein Buddha-Priester aus China den ersten Wagen der Art nach Japan brachte. Dieser Mann muß wohl die Magnete dazu aus China mitgebracht haben, denn japanische Geschichtsbücher sagen, daß man im J. 713 n. Chr. den ersten Magnetstein in Japan aufgefunden habe.

50. Die Benutzung des Magneten zur Schifffahrt ist bei den Chinesen jedenfalls weit jünger als die der magnetischen Wagen; wann sie aber zuerst gemacht, darüber haben wir keine Angabe. Die älteste Nachricht, daß Schiffer sich der Magnetnadel bedient haben, ist die aus den Zeiten der Dynastie Tsin, 265 bis 419. Auch weiß man aus anderen Geschichtswerken, daß unter der Dynastie der Thang im VII. und VIII. Jahrhundert die Chinesen sehr weite Seereisen unternahmen, von Canton durch die Straße von Malacca nach Ceylon um das Kap Comorin nach der Küste Malabar und den Mündungen des Indus, ja selbst nach denen des Euphrats, und Reisen von solcher Ausdehnung können nicht füglich ohne Kompaß gemacht werden.

Die erste Beschreibung einer Busssole findet sich jedoch erst in der 1111 oder 1117 verfaßten Naturgeschichte des Ke-u-tsung-schy; darin wird gesagt, daß man die Magnetnadel entweder mittelst Wachs an einem Faden aufhänge, oder mittelst eines Schilfhalmes auf Wasser schwimmen lasse, und wie schon gesagt, wird dabei bemerkt, daß sie nicht genau nach Süden zeige.

Ein anderes Dokument über den Gebrauch der Magnetnadel zur See unter den Chinesen datirt vom XIII. Jahrhundert und heißt: Tschin-la-fung-thu-ki oder Beschreibung des Landes und der Sitten von Tschin-la d. h. Cambodja. Sie ist 1297 abgefaßt und giebt u. A. die

Richtung, welche Schiffer zur Befahrung der Küsten dieses Landes zu nehmen haben, genau in der Weise der chinesischen Bussole an.

Die Wasserbussolen scheinen in der ältesten Zeit die üblichsten gewesen zu sein, sie werden noch in einer Encyklopädie beschrieben, die aus dem XVI. Jahrhundert her stammt. In Korea waren solche Bussolen sogar noch in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts in Gebrauch. Der Amsterdamer Bürgermeister **Nikolas Witsen** sagt dies ausdrücklich in seiner Beschreibung der Tartarei nach dem Bericht eines Arztes, der 1653 mit einem holländischen Schiffe auf der Küste von Korea scheiterte.

Indefs sind auch die Bussolen von besserer Einrichtung, worin die Magnetnadel mittelst eines Hütchens auf einem Stifte schwebt, schon seit langer Zeit in China üblich. **Vasco de Gama**, der bekannte Entdecker des Seeweges nach Ostindien, traf im J. 1498 an der Ostküste Afrikas indische Piloten an, welche Seekarten und Bussolen hatten, und auch die Höhe des Aequators sehr wohl mit einem Quadranten zu messen verstanden. Statt einer eigentlichen Nadel hatte die Bussole dieser Piloten einen Streifen Eisenblech, der nicht auf Wasser schwamm, sondern auf einem Hütchen schwebte. Diese Piloten zeigten ihm den Weg nach Ostindien.

Gegenwärtig hat die Bussole bei den Chinesen fast die Gestalt der unsrigen. Ein nadelförmiges Magnetstäbchen ruht mittelst eines kupfernen Hütchens auf der Spitze eines Stifts innerhalb einer Holzbüchse, die statt des Glases mit einem Glimmerblättchen verschlossen ist. Die Eintheilung des Limbus der Bussole ist sehr verschiedenartig; man hat nautische, geographische, astronomische und astrologische Bussolen, und jede derselben besitzt eine besondere Eintheilung und besondere Namen 4, 8, 12, 16, 24 für die Windstriche und Himmelsgegenden.

Nach allen diesen Zeugnissen ist es nun wohl unzweifelhaft, daß die Chinesen, wenn sie auch nicht die Erfinder der Bussole sein sollten, doch dieses so wichtige

Instrument lange Zeit vor den Arabern und Europäern kannten und benutzten. Ebenso unterliegt es nach dem Angeführten kaum einem Zweifel, daß die Araber und demnächst die Europäer dasselbe vom Oriente her kennen lernten, und sie folglich nicht einmal auf die Ehre Anspruch machen können, es zum zweiten Male erfunden zu haben. Die Araber scheinen nicht einmal eine Verbesserung an dem Instrumente angebracht zu haben, allein dennoch haben sie sich hier ein Denkmal errichtet, welches freilich von den Meisten nicht erkannt ist. Dies ist der Name Bussole, der jetzt für den Kompaß so gebräuchlich ist. Man schreibt dies Wort gewöhnlich Boussole und meint es sei ein französisches; Andere leiten es von dem Italienischen bossolo, Büchse, ab. Die richtige Herleitung ist aber nach Klaproth von dem Arabischen Muassala, Pfeil, welches man gewöhnlich Mo-ussala ausspricht; daher ist es auch richtiger im Deutschen Bussole zu schreiben, und nicht Boussole.

51. Was die Europäer betrifft, so bedienten sie sich, wie schon erwähnt, in der frühesten Zeit auch nur der Wasserbussole und erst später gingen sie zu der jetzt gebräuchlichen Aufstellung einer Nadel auf die Spitze eines Stiftes über. Möglich ist, daß Gioja diese Vorrichtung ersann, vielleicht auch die alsdann durchaus nothwendige Aufhängung des ganzen Kompasses; Bestimmtes wissen wir nicht darüber. Dagegen wissen wir, daß die Erfindung der Windrose oder Schiffsrose, sowie die für die Schifffahrt so bequeme Bezeichnung der Weltgegenden durch 32 Striche am Ende des XVI. Jahrhunderts gemacht ist; man schreibt sie den Holländern zu.

Eigenthümlich den Europäern und nicht entlehnt von den Chinesen ist der Gebrauch des Kompasses unter der Erde in Bergwerken zur Anlage und Aufnahme von Gruben. Wer die glückliche Idee zu dieser Anwendung hatte, ohne welche an einen regelmäßigen ausgedehnten Bergbau nicht füglich gedacht werden kann, ist wiederum ungewiß. Vermuthen dürfen wir aber, daß es ein Deutscher gewesen sei, denn Deutschland ist ja gewissermaßen das Vater-

land des Bergbaues und es ist ein Deutscher, der zuerst den Grubenkompaß beschrieben hat, nämlich Agricola.

Agricola, oder wie er eigentlich hieß Georg Bauer, wurde 1490 zu Glauchau geboren, war 1518 bis 1522 Rektor zu Zwickau, studirte darauf in Leipzig und Italien Medicin, und widmete sich seit 1531 dem Bergbau. Er starb 1555 als Bürgermeister zu Chemnitz. Agricola war ein sehr kenntnißreicher und durch seine Schriften über den Bergbau hoch verdienter Mann. In seinem berühmten Werk *De re metallica*, 1530 giebt er die erste Nachricht vom bergmännischen Kompaß und dessen Gebrauch. Dieser Kompaß, von dem er eine Abbildung giebt, ist in 2. 12 Stunden eingetheilt, wie noch heut, und die Nadel schwebt darin mittelst eines Hütchens auf einem Stift. Die Kunst mit diesem Kompaß Gruben anzulegen wird in dem Werk, obwohl es lateinisch geschrieben ist, mit dem deutschen Worte Marktscheidern belegt.

Die erste vollständige Anleitung zur Marktscheidkunst schrieb Erasmus Reinhold (gest. 1553), welche posthum erschien unter dem Titel: *Vom Marktscheiden, kurzer und gründlicher Unterricht durch Erasm. Reinh. Doctorem, Erfurt 1574*. Auch den eigentlich unter der Erde gebräuchlichen Hängekompaß mit der doppelt ringförmigen Aufhängung des Seekompasses erfand ein Deutscher, der Bergmeister Balthasar Rößler zu Altenburg im J. 1673.

Ich glaube diese Nachrichten, obwohl sie über die von uns näher betrachtete Periode hinausgehen, schon hier erwähnen zu müssen, als nun mit ihnen so ziemlich Alles erschöpft ist, was sich über die Erfindung des Kompasses und dessen gewöhnlicher Anwendung sagen läßt. Was die wissenschaftliche Benutzung dieses Instrumentes und die damit gemachten Entdeckungen betrifft, so behalte ich sie einer späteren Periode vor.

Zusatz.

Die Chinesen haben demnach nicht nur den Kompaß gleichwie das Schießpulver erfunden, oder wenigstens viel früher gekannt und gebraucht als die Europäer, sondern

sie haben auch gleichfalls Ansprüche auf die Priorität der dritten jener Erfindungen, welche man füglich als die Haupt- und Kardinal-Erfindungen zu bezeichnen hat, sie sind auch Erfinder der Buchdruckerkunst. Diese Kunst wurde erfunden im Königreich Schu, jetzige Provinz Szu-tschuen, welche von 891 bis 952 selbstständige Regenten hatte, im letzteren Jahr aber vom Kaiser Tschuang-tzung unterjocht ward. Die Könige von Schu hatten u. A. die vier Bücher des Confucius und mehrere Werke zum Unterricht der Jugend drucken lassen. Gewöhnlich druckten sie, wie es noch der Fall ist, und wie es auch vor Gutenberg in Europa geschah, mit gravirten Holztafeln; allein sie hatten auch einzelne Lettern und zwar von Kupfer. Durch solche kupferne Lettern ging die Kunst im J. 1205 von China nach Japan über. Die Europäer hätten mehr als hundert Jahre früher mit dieser Kunst bekannt werden können, wenn sie die persischen Historiker gelesen hätten, denn Raschid-eddin beschreibt ums Jahr 1310 in seiner Geschichte der Könige von Khatai ganz umständlich, wie die Chinesen es machten, daß bei ihnen ein Exemplar eines Buches genau so aussehe wie das andere.

Papier, welches die Europäer erst im XII. Jahrhundert kennen lernten, und zwar auch erst durch die Araber, war den Chinesen ebenfalls schon Jahrhunderte bekannt und wurde bereits im J. 601 nach Japan eingeführt. Sie erfanden auch das Papiergeld und die Spielkarten, letztere 1120. — Die Europäer benutzten anfangs das alte Papyruspapier, später Baumwollenpapier, das die Araber schon 704 kannten und im XI. Jahrhundert nach Spanien einfuhrten, von wo aus die Europäer es kennen lernten. Leinenpapier kommt erst zu Anfang des XIV. Jahrhunderts vor, und ist unstreitig eine europäische Erfindung. (Klaproth, Lettre p. 128; Libri, Histoire etc. I, 135; Busch, Handb. d. Erfind. X.)

Fünfzehntes Jahrhundert.

52. Für die Physik im engeren Sinne ist dieses in Beziehung auf die Kulturgeschichte so höchst merkwür-

dige Jahrhundert ein im Ganzen unfruchtbares. Man studirte und kommentirte Aristoteles, ohne dessen Lehren in irgend etwas zu berichtigen und zu erweitern. Dennoch treffen wir einzelne Männer an, die reich begabt mit hohen Fähigkeiten in anderen Zeiten gewiß Großes in der Wissenschaft geleistet hätten. So müssen wir hier namentlich einen Mann nennen, den man im Allgemeinen nicht gewohnt ist in den Annalen der Wissenschaft glänzen zu sehen, obwohl er sich auf anderem Felde unsterblichen Ruhm erworben hat.

Es ist dies der große Maler Leonardo (Lionardo) da Vinci, geb. zu Vinci bei Florenz 1452, und gest. 1519 im Schlosse Cloux bei Amboise, nicht im Arme des Königs Franz I., sondern im Kreise seiner Schüler. Leonardo war nicht nur groß als Maler, als Bildhauer, Baumeister und Musiker, sondern er hatte auch so viele Kenntnisse, eigene Ansichten und Ideen in den Wissenschaften, daß man schon über die Mannichfaltigkeit derselben wahrhaft erstaunen muß. Er trieb Algebra, Mechanik, Astronomie, Physik, Botanik und viele andere Zweige der Naturwissenschaft, und alles für die Zeit mit Auszeichnung.

Leider sind uns die Werke dieses hoch hervorragenden Mannes nur theilweise und lückenhaft bekannt; von ihm selbst verfaßt haben wir nur einen *Trattato della pittura*. Seine übrigen Schriften, die er in Form von einzelnen Blättern hinterlassen hat, haben leider das Schicksal gehabt, daß sie in unrechte Hände gekommen sind, zerstreut wurden und theilweise verloren gingen. Dennoch ist die Masse derselben sehr groß, sie bilden 14 bis 15 Bände und werden größtentheils in Paris aufbewahrt. — Aus dem reichen Inhalt sei hier nur rein Physikalisches hervorgehoben. Leonardo entdeckte die Kapillarität und die Diffraktion, er kannte die Camera obscura, freilich ohne Linse, und gründete darauf eine Theorie des Sehens; er beobachtete den Widerstand, die Verdichtung und das Gewicht der Luft, die Staubfiguren auf schwingenden Flächen, die stehenden Wasserwellen, die Reibung und ihren

Effekt, erfand ein Dynamometer und viele zusammengesetzte Maschinen u. s. w., auch brauchte er schon nach Libri die Vorzeichen — und +.

Nächst dem sehen wir in diesem Jahrhundert die Astronomie sich aus ihrem Schlummer erheben, und wenn auch grade noch nichts von Bedeutung gefördert wird, so liegt doch in den vereinzelter Bestrebungen zur selbstständigen Thätigkeit der Keim zu den großen Entdeckungen, welche das folgende Jahrhundert dieser Wissenschaft bringen sollte.

Noch einmal sehen wir in diesem Jahrhundert im entlegenen Orient, gleichsam als einen Nachhall des rühmlichen Geistes arabischer Kalifen, den Trieb des Wissens in einem Fürsten auferstehen. Es war **Ulug-Beg**, Fürst der Mongolen, ein Enkel des berühmten Tamerlan, der nicht nur 1430 eine große Anzahl von Gelehrten in seine Hauptstadt Samarkand berief, daselbst eine Sternwarte bauen ließ, sondern auch selbst theilnahm an den Beobachtungen, und astronomische Tafeln veranstaltete, die noch jetzt einen gewissen Werth besitzen. Sein Beispiel fand indess keine Nachahmer, mit der Ermordung dieses aufgeklärten Fürsten im J. 1449 verschwindet für immer aus diesen Gegenden jeder helle Strahl der Wissenschaft.

Mit besserem, obwohl immer noch vereinzelterm Erfolge sehen wir die Astronomie in Europa treiben. Als einen der ersten auf dieser rühmlichen Bahn müssen wir nennen den Kardinal **Nikolaus de Cusa**, geb. 1401, gest. 1464. Eigentlich hieß er **Niklas Krebs** (Chrypffs), war der Sohn des Fischers **Johann Krebs** zu Cufs an der Mosel, und wird daher auch **Cusanus** genannt. Er ging als Jüngling nach Italien, ward Geistlicher, zeichnete sich durch Talent und Kenntnisse aus, so daß er vom Papst Eugen nach Griechenland gesandt wurde, um eine Vereinbarung der abendländischen mit der morgenländischen Kirche zu bewerkstelligen. Später wurde er Gesandter des Papstes auf dem Concil zu Basel, hierauf Bischof von Brixen und endlich Kardinal.

Wir besitzen von ihm mehrere Werke astronomischen und mechanischen Inhalts, welche zwar nicht frei sind von Irrthümern, aber auch viele Beweise eines richtigen Urtheils enthalten. So ist Cusa einer von denen, welche die Nothwendigkeit einer Verbesserung des Kalenders einsahen, worin ihm Roger Baco bereits vorangegangen war, doch kam bekanntlich diese Verbesserung erst unter Papst Gregor XIII. im J. 1582 zu Stande.

Ferner gereicht es Cusa zu großer Ehre, daß er unter den Neueren einer der ersten war, welcher die Wahrheit des Satzes erkannte, daß die Erde rotire und nicht der Himmel. *Terra non potest esse fixa sed movetur ut aliae stellae*, sagt er in seinem Werke *De docta ignorantia*, Basil. 1565. Die Erde kreist aber nach ihm nicht um die Sonne, sondern Erde und Sonne kreisen um die ewig wechselnden Pole des Universums¹⁾. Spätere Historiker, welche diesen Ausspruch aus dem Zusammenhang rissen, sind wohl so weit gegangen, dem Kopernikus dieserhalb einen Theil seines Ruhmes zu nehmen, und denselben auf Cusa zu übertragen. Aber dies ist doch sehr mit Unrecht geschehen, denn jener eine Satz begründet noch lange nicht das kopernikanische System, nach welchem sich die Erde mit den Planeten um die Sonne dreht, und überdies scheint Kopernikus nichts von Cusa gewußt zu haben²⁾. Aber ein Vorläufer von Kopernikus muß Cusa allerdings genannt werden, wie Hufv von Luther.

In nähere Beziehung zur Physik tritt Cusa durch sein Buch *De staticis experimentis dialogus*, gedruckt Straßburg 1550, worin sich mancherlei interessante Kuriositäten befinden, z. B. die Beschreibung verschiedener Wasseruhren, der Vorschlag gewogene Quantitäten von Samen in gewogene Quantitäten von Erde zu säen, und die daraus entstandenen Pflanzen zu wiegen, um zu sehen, ob diese alles aus der Luft entnehmen. Was aber das meiste Interesse für den Physiker hat, ist, daß sich darin auch die

¹⁾ Humboldt, Kosmos III, 409.

²⁾ Humboldt, Kosmos II, 503.

Idee zu der gewöhnlichen Art desjenigen Instrumentes angegeben findet, welches man Bathometer oder Tiefenmesser nennt.

Dieses Bathometer bestand aus einer hohlen Kugel beschwert mit einem Gewicht von solcher Größe, daß das Ganze mit einer gewissen Geschwindigkeit untersinkt in Wasser. Das Gewicht ist mit der Kugel durch einen Mechanismus verbunden, der sich von dieser ablöst, so wie er von unten her einen Stoß empfängt. Taucht man nun das Instrument in einen See oder Fluß, so sinkt es mit einiger Geschwindigkeit zu Boden; dort angelangt, löst sich durch den Stoß das Gewicht ab, die Kugel steigt allein wieder in die Höhe, und aus der Zeit zwischen ihrem Untersinken und Wiedererscheinen wird die Tiefe berechnet.

Ein ähnliches Instrument hat ein gewisser Pühler in seiner *Geometrie, Dillingen 1563* beschrieben. Es wird dabei gesagt, Kaiser Maximilian habe auf diese Weise die Tiefe des Traun- und des Gmundener Sees messen lassen, und man habe sich dabei einer Wasseruhr bedient. Ob Pühler diese Idee von Cusa habe, sagt er nicht; später ist diese Idee unzähligemal wieder aufgefrischt worden.

53. Gleichzeitig mit Cusa lebten ein Paar Männer, die nicht sowohl durch ihre eigenen Leistungen, als vielmehr durch den Geist, welchen ihr Beispiel und ihre Lehre erweckten, mit Recht als die Wiederhersteller der Astronomie in Deutschland und überhaupt in ganz Europa angesehen werden. Es sind dies Purbach und Regiomontan, beide schon dadurch bemerkenswerth in der Geschichte der Wissenschaften, daß sie die Lehrer des großen Kopernikus waren.

Georg Purbach auch Peuerbach, so genannt von seinem Geburtsort Peuerbach, einem Städtchen in Oberösterreich, war Professor der Astronomie an der 1365 gestifteten Universität Wien. Er wurde geb. 1423 und starb 1461. Seine eigenen Arbeiten, die hauptsächlich in einer Theorie der Planeten bestehen, haben freilich längst die Zeiten überlebt,

aber als Lehrer, der von nah und fern die wißbegierige Jugend an sich zog, und mit der ptolemaeischen Astronomie bekannt machte, übte er einen sehr heilsamen Einfluß aus. **Regiomontan** und **Kopernikus** waren beide seine Schüler, und das allein schon hat seinem Namen ein bleibendes Andenken gestiftet.

Regiomontanus hat seinen Namen von dem Städtchen **Königsberg** in **Franken**, wo er 1436 geboren ward. Eigentlich hieß er **Johann Müller**, daher er auch wohl nach Sitte der Zeit **Molitor** genannt wurde. Er war ein frühzeitiges Genie, schon im 12. Jahre bezog er die Universität **Leipzig** und im 15. verließ er sie, um sich unter **Purbach** ganz für die Astronomie auszubilden. Zehn Jahre darauf, als **Purbach** starb, ward er zu dessen Nachfolger im Lehramt ernannt.

Er machte nun mit dem **Kardinal Bessarion**, einem Beschützer der Wissenschaften, mehrjährige Reisen in **Italien**, hielt 1463 Vorlesungen zu **Padua** und lebte 1464 in **Venedig** mit der Ausarbeitung trigonometrischer Schriften beschäftigt. Nach seiner Rückkehr ging er auf den Ruf des Königs **Matthias Corvinus** von **Ungarn** nach **Ofen**, verließ aber der Kriegsunruhen wegen 1471 diese Stadt, und ließ sich in **Nürnberg** nieder. Hier hatte er das Glück in dem reichen Patricier **Bernhard Walter** einen Schüler und Gönner zu gewinnen, der ihm nicht nur die Herausgabe seiner Werke möglich machte, sondern ihm auch die Mittel zur Fortsetzung seiner Studien verschaffte, wozu seine eigenen Vermögensumstände nicht ausreichten.

Von seinem großen Rufe unter den Zeitgenossen mag der Umstand zeugen, daß **Papst Sixtus IV.** ihn der beabsichtigten Kalenderreform wegen 1474 nach **Rom** berief, wo er nach kurzer Zeit 1476 oder wie Einige angeben 1475 seinen Tod fand, nach Einigen an der Pest, nach Anderen durch Meuchelmord, den die Söhne des **Georg von Trapezunt** an ihm begingen aus Rache dafür, daß er die von ihrem Vater gemachte Uebersetzung von **Theonis** Kommentar zum **Ptolemaeus** als sehr fehlerhaft bezeichnet

hatte. Dieser **Georg von Trapezunt** war ein Grieche, 1396 in Kreta geboren, der 1486 zu Rom als Praefectus gymnasii und Secretarius apostolicus gestorben ist. Er nannte sich Trapezunticus, weil er sein Geschlecht aus Trapezunt herleitete. Durch seine Uebersetzungen griechischer Werke, wenn sie auch mitunter fehlerhaft sein mochten, war er nicht ohne Verdienst für seine Zeit.

Regiomontan hat auch Verdienste um die Algebra, ferner durch seine Sinustafeln, und die Berechnung der astronomischen Ephemeriden für 1475 bis 1506; durch ihn ward Nürnberg auf längere Zeit ein vorzüglicher Sitz der Astronomie. Außer **Bernh. Walter** (1430 bis 1504) ist noch bemerkenswerth **Joh. Werner** (1468 bis 1498), der sich besonders durch seine geometrische Analysis bekannt gemacht hat.

Diese und andere rühmlichen Bestrebungen im Gebiet der Astronomie sind, wie schon gesagt, die einzigen Monumente der Naturforschung aus dem XV. Jahrhundert, so daß, wenn man allein danach urtheilen wollte, leicht der Glaube erweckt werden könnte, es hätte die allgemeine Kultur Rückschritte in diesem Jahrhundert gemacht. Dem ist aber nicht so. Die allgemeine Civilisation, diese Basis, auf welcher Kunst und Wissenschaft allein in gedeihlicher Weise emporspriessen können, machte in Vergleich zu den früheren Zeiten bedeutende Fortschritte. Ja dieses Jahrhundert ist anderweit durch Erfindungen und Entdeckungen bezeichnet, die wahrhaft epochemachend genannt werden müssen. Dahin gehören die Erfindung der Buchdruckerkunst durch **Gutenberg** und seine Genossen ums J. 1440; die Entdeckung Amerikas durch **Columbus** im J. 1492, und die Auffindung des Seeweges nach Ostindien durch **Vasco de Gama** 1498.

So wie diese welthistorischen Ereignisse ihren mächtigen Einfluß auf die Umgestaltung der Civilisation hauptsächlich erst in der Folgezeit in immer steigendem und selbst gegenwärtig noch lange nicht abgegränztem Umfang geltend machten, so war eine andere Begebenheit die Er-

oberung von Konstantinopel 1453 durch die Türken von näherer und wohlthätiger Einwirkung auf die zeitige Kultur der Wissenschaften im Abendlande. Sie führte Italien eine bedeutende Anzahl gelehrter Griechen zu, die aus ihrem Vaterlande flüchtend hier eine Freistätte suchten, und durch ihre Kenntnisse wesentlich dazu beitrugen, den Sinn für die Literatur des klassischen Alterthums zu erhöhen und zu erweitern. Sie haben mitgewirkt das neuere Italien zur Wiege der Künste und Wissenschaften zu machen.

Sechszehntes Jahrhundert.

54. Das wachsende Interesse für die exakten Wissenschaften spricht sich in diesem Jahrhundert zunächst durch gesteigerten Eifer für das Studium des klassischen Alterthums aus, einen Eifer, der freilich bei Vielen zu einer blinden Verehrung der Alten führte, und über das Anzeigen des Ueberlieferten das selbstständige Forschen nur sehr spärlich und in beschränktem Maße aufkommen ließ. So sehen wir denn eine bedeutende Anzahl Gelehrter jener Zeit, besonders aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts, ihre Kräfte darauf verwenden, die Werke der Alten zu übersetzen und zu kommentiren. Dahin gehören:

Venatorius, veröffentlichte 1544 eine lateinische Ausgabe des **Archimedes** und seines Kommentators **Eutocius**.

Jean Péna oder de la Pène, ein provençalischer Edelmann, Professor zu Paris, übersetzte 1557 die Optik und Katoptrik des **Euklid** ins Lateinische.

Federigo Commandino, Mathematiker des Herzogs von Urbino und Arzt in der Stadt Urbino, geb. daselbst 1509, gest. 1575, dem Todesjahr von **Maurolykus**, dessen Schüler er war. Sein Hauptverdienst besteht in korrekten und kritischen Uebersetzungen der Werke alter Mathematiker aus der griechischen Urschrift ins Lateinische, so namentlich des **Archimedes**, **Ptolemaeus**, **Apollonius**, **Pappus**, **Hero**, **Euklid**, **Aristarch**. Seine eigenen Leistungen beschränkten sich auf freilich nicht erhebliche Untersuchungen über den

Schwerpunkt bei der Halbkugel und dem hyperbolischen Konoid.

Guido Ubaldo del Monte, fälschlich **Ubaldi** genannt, latinisirt **Montis**, war ein Schüler des **Commandino**, geb. 1545 zu Pesaro aus einer sehr angesehenen Familie und starb 1607. Er studirte zu Urbino und Padua, focht alsdann gegen die Türken und kehrte 1588 nach Italien zurück, wo er General-Inspektor der Festungen von Toskana wurde. Hier kam er mit **Galilei** zusammen, den er in seinen ersten Arbeiten sehr ermuthigte. **Del Monte** übersetzte das Werk von **Archimedes** über das Gleichgewicht, aber mehr als diese Arbeit trug zu seinem Ruf bei eine Mechanik, die 1577 erschien. Er vervollkommnete darin die Theorie der Maschinen, indem er sie alle auf den Hebel zurückführte, und diese Methode auf einige der sogenannten mechanischen Potenzen z. B. auf die Rolle mit Glück anwandte. **Galilei** spricht immer mit vieler Auszeichnung von ihm, nennt ihn einen sehr großen Mathematiker seiner Zeit, und **Lagrange** schreibt ihm die erste Entdeckung des Principes der virtuellen Geschwindigkeit beim Hebel und beim Flaschenzuge zu.

Besonders fand **Aristoteles** zahlreiche Uebersetzer und Kommentatoren, und sein Ansehen stieg bald zu einer solchen Höhe, daß mehr als Einer es hat bitter bereuen müssen, sich gegen die Autorität des Peripatetikers aufgelehnt zu haben. Ein solcher Märtyrer des eigenen Nachdenkens ist **Peter Ramus**, Professor am Collège de France zu Paris, geb. 1502, gest. 1572, ein zu seiner Zeit sehr berühmter Mann. Er büßte seine Freimüthigkeit, wie einst **Roger Baco**, mit dem Verlust seiner Lehrstelle und hatte überdies die unwürdigste Behandlung zu erdulden, bis er zuletzt in der schrecklichen Bartholomäusnacht als ein Opfer seines Feindes und Kollegen **Charpentier** fiel.

Der Geist der Verfolgung traf besonders diejenigen, die neben der aristotelischen Philosophie auch die Lehren der herrschenden Kirche anzutasten wagten. Das traurigste Beispiel dieser Art hat uns die Geschichte in dem Schick-

sale **Giordano Bruno's** aufbewahrt. Derselbe war in der Mitte des XVI. Jahrhunderts zu Nola in Campanien geboren und wurde anfangs Dominikanermönch. Sein heller aber auch unruhiger und zu Spötereien geneigter Geist verwickelte ihn bald in mancherlei Streitigkeiten, und nöthigte ihn Italien zu verlassen. Er ging zunächst nach Genf, wo er zum Calvinismus übertrat, und dann, als er auch hier sich zu tief in theologische Streitigkeiten einliefs, nach Paris, wo er sich zum heftigen Gegner der aristotelischen Philosophie und der Dogmen des Katholicismus aufwarf, was zur Folge hatte, daß er auch diese Stadt nach kurzer Zeit verlassen mußte. Er wandte sich nun nach London, und gab daselbst 1584 unter dem Titel *Spaccio della bestia trionfante* eine heftige Schrift gegen die katholische Religion, oder im Grunde gegen alle Religionen heraus. Im J. 1586 begab er sich nach Deutschland, wo er theils an der Universität zu Wittenberg docirte, theils zu Prag und zu Helmstädt unter dem Schutz des Herzogs Julius von Wolfenbüttel den Wissenschaften lebte. Im J. 1592 hatte er die Unvorsichtigkeit nach Italien zurückzukehren, wo er auch einige Jahre unbeachtet und unangetastet lebte. Allein 1598 wurde er zu Venedig von der Inquisition verhaftet, und nachdem er zwei Jahre im Kerker geschmachtet hatte, am 17. Februar 1600 als Apostat lebendig zu Rom verbrannt. Ehe er den Scheiterhaufen bestieg, sagte er zu seinen Richtern: Dieser Urtheilsspruch macht euch vielleicht mehr Furcht als mir ¹⁾).

Bruno's zahlreiche Schriften sind meist philosophischen und metaphysischen Inhalts, aber es sichert ihm auch einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Naturwissenschaften, daß er ein sehr eifriger und einsichtsvoller Anhänger des kopernikanischen Systems war. Erweiterungen in der experimentellen Physik verdanken wir **G. Bruno** nicht, wie denn überhaupt die Zahl der Männer, die in der ersten Hälfte des XVI. Jahrhunderts den Weg der Erfahrung

¹⁾ Libri, Hist. des sciences math. etc. IV, 143.

in den Naturwissenschaften einschlagen, in Italien und noch mehr in den übrigen Ländern Europas, äußerst gering ist, Dagegen sehen wir in diesem Jahrhundert die Mathematik, deren Fortschritte fast immer Hand in Hand mit denen der Physik gehen, sich gleichsam emancipiren, indem sie zuerst in namhafter Weise die Gränzen überschritt, bis zu welchen die Alten sie gebracht hatten.

Mathematik und Mechanik.

55. Zu denen, welche durch ihre Leistungen in der Mathematik auch zu den Fortschritten in der Naturlehre beitrugen, gehört unzweifelhaft **Geronimo Cardano**, geb. 1501 zu Pavia und gest. 1576 zu Rom. Er war ein Mann von Originalität und großer Gelehrsamkeit; seine Schriften, die sehr zahlreich sind, umfassen Philosophie, Metaphysik, Mathematik, Physik und Medicin, auch trat er nacheinander in Pavia, Bologna, Mailand und Rom als öffentlicher Lehrer in der Mathematik und Arzneykunde auf. Alle seine große Gelehrsamkeit und Geistesgewandtheit schützte ihn aber nicht vor den Lächerlichkeiten eines kindischen Aberglaubens, und wenn er nicht sein Leben selber beschrieben hätte, würde man es kaum glauben, daß soviel Einsicht auf der einen Seite mit so vielen Schwachheiten und Widersprüchen auf der andern gepaart sein könnten. Während er in der Philosophie die größte Kühnheit offenbarte, zitterte er vor jedem Prognostikon, wie denn Einige behaupten, er habe sich freiwillig dem Hungertode überliefert, um nur nicht das ihm prophezeite Sterbejahr zu überleben. Er glaubte auch, daß er am 1. April 8 Uhr Morgens Alles vom Himmel erbitten und erhalten könnte, was er wünschte. Dabei war er von einem seltsamen, man kann wohl sagen zweideutigen Charakter, den er selbst in seiner Biographie so rücksichtslos zur Schau stellt, daß seine Freunde ihn nur mit einer temporären Verrücktheit zu entschuldigen wissen.

Cardan's Schriften füllen nicht weniger als zehn Folianten. In physikalischer Rücksicht ist darunter eins der

bemerkenswerthesten das *Opus novum*, Basil. 1570, obwohl es doch im Ganzen des Neuen wenig enthält. So spricht er darin von der Nothwendigkeit bei der Bewegung von Projektilen auf den Widerstand des Mediums Rücksicht zu nehmen, wenn man deren Geschwindigkeit bestimmen wolle. Ferner suchte er die Pulsschläge als physikalische Zeitmesser anzuwenden. Er maß auf diese Weise die Geschwindigkeit des Windes und fand, daß der stärkste Sturm nur 50 Schritt während einer Pulsation zurücklege. Umgekehrt suchte er auch die Mathematik auf die Medicin anzuwenden, und stellte sich u. A. die sonderbare Aufgabe, ob die Medikamente nach arithmetischen oder geometrischen Verhältnissen ihrer Dosis wirkten. Auch bestimmte er die Dichtigkeit einiger Körper, theils durch Refraktion, theils durch ihren Widerstand gegen Projektile und fand, daß die Luft 50 mal leichter als Wasser sei, ein Resultat, welches er indessen selbst für ungenau hielt.

Andere Beobachtungen und Bemerkungen finden sich in seinem Werke *De subtilitate*, Parisiis 1552. Hier spricht er von der Nothwendigkeit der Luft zum Verbrennen der Körper, daß sich beim Verbrennen der Körper zweierlei Arten Rauch erzeugen, von denen die eine aus der Kohle aufsteige (Kohlensäure?). Er beschreibt auch mehrere Maschinen, so eine zum Benteln des Mehls, einen Nachttelegraphen, diejenige Art von Vorlegeschlössern, die man nur öffnen kann, wenn man die darauf verzeichneten Buchstaben gehörig kombinirt; ferner eine Methode Blinde schreiben zu lehren u. s. w.

Größer sind seine Verdienste in der Mathematik. In seiner *Ars magna*, vollständig *Artis magnae sive de regulis Algebrae liber unus*, Mediol. 1545, finden sich zum ersten Male die imaginären Wurzeln der Gleichungen und die Regeln sie miteinander zu multipliciren aufgestellt. Diese Rechnung mit imaginären Größen ist eine wichtige Entdeckung. Am bekanntesten ist aber Cardan durch die nach ihm benannte Regel zur Auflösung der Gleichungen des dritten Grades, die sogen. Cardanische Regel, die er in den Himmel

erhebt, und als eine Kunst preist, die allen menschlichen Scharfsinn, alle Intelligenz der Sterblichen übertreffe. Allein hier ist er sehr unverdienter Weise zu Ruhm gekommen, da er auf diese Entdeckung nicht den mindesten Anspruch machen kann.

Die erste Auflösung dieser Gleichung gab Scipio Ferro, von 1496 bis 1525 Professor der Mathematik in Bologna, der sie aber nicht bekannt machte, sondern im Vertrauen seinem Freunde Ant. Fiore mittheilte, von welchem sie nach Ferro's Tode verschiedenen Mathematikern u. A. dem Tartaglia 1535 der damaligen Sitte gemäß in Problemen vorgelegt wurde. Tartaglia löste nicht nur diese Probleme, sondern es glückte ihm auch die allgemeine Lösung der Gleichung $x^3 + ax = b$ aufzufinden. Als Cardan hiervon hörte, säumte er nicht Tartaglia um die Mittheilung seiner Entdeckung zu bitten, welche dieser freilich versteckt in einem Verse 1539 dem Cardan angab. Cardan errieth die Lösung, und wiewohl er feierlich versprochen hatte, dieselbe geheim zu halten, machte er sie dennoch und zwar unter seinem Namen und als seine Entdeckung bekannt. Er hat allerdings später in seiner *Ars magna* anerkannt, daß er die Lösung dem Tartaglia verdanke, aber dieser fand sich dennoch und mit Recht tief verletzt, da das Publikum fortfuhr trotz dieser Erklärung die gefundene Regel die Cardanische zu nennen. Uebrigens wurde diese Lösung bald noch durch Ferrari, einen Schüler Cardan's, erweitert.

Ludovico Ferrari aus Bologna, geb. 1522, stammte aus einer achtbaren aber sehr zurückgekommenen Familie; er trat als 15jähriger Jüngling in die Dienste von Cardan, zeigte aber bald soviel Eifer und Talent für die mathematischen Wissenschaften, daß dieser ihn vom Diener zum Sekretär erhob und ihn unterrichten ließ. In kurzer Zeit wurde er Professor der Mathematik in Mailand, wo er in die Dienste des Prinzen Gonzaga trat, um für ihn eine Karte des Mailändischen zu entwerfen. Acht Jahre damit beschäftigt, sagte er sich plötzlich von dieser Arbeit los

und zog nach Bologna, wo er durch Cardan die Professur der Mathematik erhielt. Nicht lange darauf starb er 1565 im 43sten Lebensjahr, muthmaßlich vergiftet von seiner Schwester, der Erbin seines kleinen Vermögens. Er war ein Mann von vielem Talent.

56. Der mehrerwähnte Niccola Tartaglia, auch Tartalea genannt, wurde im Anfang des XVI. Jahrhunderts zu Brescia geboren; sein Vater, den er schon im 6ten Jahr verlor, war Postillon. Seine Mutter, die in dürftigen Umständen lebte, floh mit ihm und seinen beiden Brüdern in eine Kirche, als die Franzosen 1512 unter Gaston de Foix jenes bekannte schreckliche Blutbad in Brescia anrichteten. Allein auch hier waren sie nicht geschützt, die Franzosen drangen in die Kirche, und einer derselben versetzte dem armen Knaben einen so furchtbaren Säbelhieb, daß der Schädel an mehreren Stellen verletzt, die Kinnbacken gespalten und der Gaumen durchschnitten wurde. Lange konnte er weder essen noch sprechen, und viele Jahre vermochte er nur zu stottern. Dadurch bekam er den Spottnamen **Tartaglia** von tartagliare stottern, den er selbst, da er seinen rechten Familiennamen nicht kannte, annahm und beibehielt.

An Jugendunterricht war bei **Tartaglia** seiner Dürftigkeit halber nicht zu denken; erst im 14. Jahre lernte er schreiben, und da er außer Stande war einen Lehrer zu bezahlen, so soll er, wie man sagt, vom K an das Alphabet sich selbst gelehrt haben. So war er auch in allem Uebrigen und namentlich in der Mathematik Autodidakt, brachte es aber bei großem Talent für diese Wissenschaft dahin, daß er im 30. Jahre das von **Ferro** hinterlassene Geheimniß entschleiern konnte.

Er lehrte successive in Mailand, Venedig, seiner Vaterstadt Brescia und dann wieder in Venedig, wo er 1559 starb, zwar hoch geachtet von den Männern seines Faches, aber wenig belohnt von der Welt und unglücklich im Familienleben. In wie hohem Ruf er bei seinen Zeitgenossen stand, davon zeugen seine *Quesiti et inventioni diverse*, Venezia 1546, ein Werk in 9 Büchern, welches

nichts enthält als eine Sammlung von Aufgaben, die von ihm gelöst wurden, und die ihm von Männern der verschiedensten Art vorgelegt waren, von Mönchen, Architekten, Doktoren, Professoren, Ambassadeuren und Prinzen.

Tartaglia hat viele Werke verfaßt, u. A. ein vollständiges Lehrbuch der Mathematik, wovon der dritte Theil nach seinem Tode erschien; aber der Theil, worin er die Lösung der Gleichungen des dritten Grades giebt, ist nicht auf uns gekommen. Auch die Mechanik, speciell die Ballistik, war ein Gegenstand seines Nachdenkens und in seiner *Nuova scienza, Venezia 1537* von ihm abgehandelt. Es ist darin u. A. der Satz aufgestellt, daß die Bahn einer abgeschossenen Kugel in allen ihren Theilen krummlinig sei. Das war damals nicht die herrschende Lehre, vielmehr glaubte man allgemein zu jener Zeit, daß die Bahn einer abgeschossenen Kugel, überhaupt eines geworfenen Körpers, drei verschiedene Stadien habe, daß sie im ersten grade, im zweiten krumm und im dritten wiederum grade sei. Man nannte die erste Bewegung die gewaltsame, die zweite die gemischte und die dritte die natürliche. Es sind diese Ideen von Aristoteles entlehnt, wie man systematische solcher Gattung viele bei demselben antrifft. Man glaubte auch, daß der krumme Theil der Bahn ein Kreisbogen sei, den die beiden gradlinigen Stücke tangiren.

Ein gewisser Santbeck schrieb selbst noch 1561 ein Buch *Problematum astronom. et geometr. sectiones septem*, worin er behauptete, eine abgeschossene Kugel fliege in grader Linie fort so lange, bis, wie er meint, die Kraft sich erschöpft habe und dann falle sie plötzlich senkrecht herab. Auf diese widersinnige Theorie gründete der Mann eine Ballistik! Daraus kann man das Verdienst beurtheilen, welches Tartaglia sich erwarb, als er zuerst die Bahn eines Projektils in allen ihren Theilen für krummlinig erklärte. Er ging noch weiter, er folgerte, daß die Schußweite am größten sei, wenn man die Kugel unter 45° Neigung in die Höhe schieße, denn er schloß, daß für die Neigung 0° und 90° die Amplitude $= 0$ sei, und diese daher bei 45° ihr Maximum habe.

Beide Resultate sind richtig, aber die Schlüsse, durch welche sie gefunden wurden, sind es nicht. Wären die Schlüsse richtig gewesen, so hätte **Tartaglia** im Besitze der Gesetze des Falles der Körper sein müssen, die erst von **Galilei** aufgefunden wurden.

Den Schlussstein dieser Reihe von Mathematikern bildet **Raphael Bombelli**, der wie **Ferro** und **Ferrari** in Bologna geboren war, doch wann ist nicht bekannt. Er schrieb im J. 1572 eine Algebra, in der methodisch alle damaligen Kenntnisse in dieser Wissenschaft auseinander gesetzt sind. Es enthält strenge und vollständige Beweise, entwickelt den ganzen vorliegenden Stoff zum ersten Male in einer systematischen Form, und hat nicht wenig zu den Fortschritten der Wissenschaft beigetragen.

57. Ueberhaupt ist Italien im XVI. Jahrhundert reich an Männern, welche die mathematischen und mechanischen Wissenschaften kultivirten und welche, wenn sie auch bis auf **Galilei**, dessen Vorgänger sie gleichsam ausmachen, nur ein Geringes zur Erweiterung der Kenntnisse beitrugen, doch zur Verbreitung derselben mitwirkten, wie sie uns andererseits schon durch ihre Anzahl einen sprechenden Beweis von der fortgeschrittenen Einbürgerung der exakten Wissenschaften an die Hand geben. Zu solchen Männern gehören:

Geronimo Fracastoro, geb. 1483 zu Verona, gest. selbst 1553, war ein durch medicinische Schriften bekannter Arzt, aber auch um die Mechanik sehr verdient. Er schrieb 1538 ein zu Venedig erschienenenes Werk *Homocentricorum seu de stellis liber unus* über das Weltgebäude, worin er die Lehre von den Epicykeln bestritt, und eine Andeutung von dem wichtigen Satz der Zusammensetzung der Kräfte gab (s. § 100). Man könnte **Fracastoro** vielleicht auch einigen Antheil an der Erfindung der Fernröhre zuschreiben, denn in seiner *Homocentrica* heisst es, daß man die Gegenstände viel gröfser und näher sähe, wenn man zwei Linsen aufeinander lege¹⁾.

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. III, 101.

Marino Ghetaldi ein Ragusaner von Geburt, der 1609 als venetianischer Gesandter in Konstantinopel starb. Er verfasste ein Werk *Archimedes promotus, Romae 1603*, in welchem er Bestimmungen über das specifische Gewicht verschiedener Körper gab, die mit zu den ersten und für die Zeit ganz hinlänglichen gehören. Es waren 12 Körper, deren specif. Gewicht er bestimmte, nämlich von Gold, Silber, Quecksilber, Blei, Kupfer, Eisen, Zinn, also die sieben Metalle der Alten, dann Wasser, Wein, Honig, Essig, Oel.

Valerio, ein Römer, schrieb 1604: *De centro gravitatis solidorum, Romae*, worin er den Schwerpunkt einer beträchtlichen Zahl von Körpern, darunter alle Konoide und Sphäroide sowie Segmente beider, bestimmte, für welche man bis dahin diesen Punkt noch nicht hatte bestimmen können. Galilei spricht immer mit großer Achtung von Valerio.

Benedetti, lat. *Benedictis*, geb. 1530 zu Venedig, gest. 1590 zu Turin als Mathematiker des Herzogs von Savoyen, ist unter den Vorgängern Galilei's auf dem Gebiet der Mechanik wohl der bedeutendste. Er ist es darum, weil er sich in einem 1585 zu Turin erschienenen Werke *Diversarum speculationum math. et physicarum liber* als ein selbstständiger Denker erweist, der nicht unbedingt alles von *Aristoteles* annimmt, bloß weil es von diesem kommt.

Unter Anderem hatte er von der Centrifugalkraft schon eine recht klare Idee. Er leitet sie ab von einer Neigung der Körper sich in grader Linie fortzubewegen, und daraus schließt er, daß ein herumgeschleuderter Körper, wenn er losgelassen werde, in Richtung der Tangente des beschriebenen Kreises fortfliegen müsse. Ebenso zeigte er, daß bei krummen oder winkelförmigen Hebeln im Gleichgewicht die Kräfte umgekehrt proportional seien den Perpendikeln gefällt vom Drehpunkt des Hebels auf die Richtung der Kräfte. Dadurch gerieth er auf die Betrachtung des Falles, wo die Kräfte in nicht paralleler Richtung auf einen graden Hebel wirken, ein Fall, der im XIV. und XV. Jahrhundert

zu lebhaften Streitigkeiten unter den Mathematikern geführt hatte.

Benedetti war ein Schüler **Tartaglia's** und veröffentlichte schon in seinem 23. Lebensjahre ein Buch, welches die Lösung aller Aufgaben des **Euklid** und Anderer mit einer einzigen Oeffnung des Zirkels enthielt.

Optik.

58. Endlich habe ich zweier Männer zu gedenken, die außer den mechanischen Doktrinen auch die optischen kultivirten, und sie durch einige Leistungen nicht unerheblich bereicherten, nämlich **Maurolykus** und **Porta**.

Franciscus Maurolykus wurde geboren 1494 zu Messina und starb daselbst 1575. Sein Vater war ein Grieche, der Konstantinopel aus Furcht vor den Türken verlassen und seinen Wohnsitz in Messina genommen hatte. Im 27. Jahre trat der Sohn in den geistlichen Stand, und brachte es darin bald so weit, daß er Abt von Santa Maria del Partu bei Castro nuovo wurde. Seine Kenntnisse und seine Persönlichkeit erwarben ihm großes Ansehn, wovon unter Anderem der Umstand zeugt, daß er gleich **Newton** zum Direktor der Münze erwählt wurde, und mit den ausgezeichnetsten Männern seiner Zeit in Briefwechsel stand. Don Juan d'Austria, Philipp des Zweiten von Spanien natürlicher Bruder, erbat sich von ihm Instruktionen zum Seekriege gegen die Türken, und man sagt **Maurolykus** habe diesem seinen großen Sieg über die türkische Flotte bei Lepanto 1571 vorhergesagt. Trotz seines geistlichen Amts lehrte er den größten Theil seines Lebens Mathematik in Messina, beschäftigt nebenher mit der Abfassung zahlreicher Schriften.

Unter diesen nehmen die mathematischen, was das Volumen betrifft, den ersten Rang ein. Schon 1540 arbeitete er eine immense mathematische Encyclopädie aus, die alles einschloß, was ihm von Arbeiten griechischer, römischer, arabischer und mittelalterlicher Mathematiker bekannt war. Die große Fruchtbarkeit an mathematischen

Werken, die unter dem Titel *Opuscula mathematica* zu Venedig 1575 erschienen und vielleicht auch der Umstand, daß er Messina befestigen half, und es in Person gegen die Spanier vertheidigte, erwarben ihm bei seinen Landsleuten den Beinamen des zweiten Archimedes.

Dessenungeachtet sind es nicht seine mathematischen und anderweitigen zahlreichen Schriften, welche seinen Namen auf die Nachwelt gebracht haben, sondern mehr eine optische, die 1575 zu Venedig unter dem Titel: *Photismi (theoremata) de lumine et umbra* erschien. Sie ist nach der langen Lücke, die auf Bruder Theodorich in der Geschichte der Optik eintritt, bemerkenswerth, wiewohl sie im Ganzen des Neuen auch nicht viel enthält.

Als ein glücklicher Gedanke von ihm, wodurch er sich zu seinem Vortheil von seinen Vorgängern Alhazen und Vitello unterscheidet, muß es betrachtet werden, daß er die Funktionen der Krystalllinse des Auges aus den Wirkungen der Glaslinsen zu erklären suchte. Er setzt die Empfindung des Sehens nicht mehr auf die Krystalllinse, wie seine Vorgänger, sondern läßt die Strahlen in der Linse und hinter derselben sich brechen. Auch gab er von der Kurz- und Weitsichtigkeit wenigstens eine approximative Erklärung. Weitsichtig sei der, dessen Krystalllinse zu wenig gekrümmt sei und die Strahlen von nahen Gegenständen nicht stark genug breche, woraus er dann die Wirkung der Brillen erklärt. Daß sich auf dem Grunde des Auges ein förmliches Bild von dem gesehenen Gegenstand erzeuge, war Maurolykus noch unbekannt.

Von der Refraktion hatte Maurolykus gleichfalls sehr unvollständige Begriffe. Er hielt den Brechungswinkel noch für proportional dem Einfallswinkel und meinte, derselbe sei $\frac{2}{3}$ des letzteren beim Uebergang des Lichts aus Luft in Glas. Aus diesem Grunde mußte denn auch sein Bemühen scheitern den Brennpunkt einer Linse oder Kugel zu bestimmen, er gab indeß, was bemerkenswerth ist, die erste Andeutung von Brennlinien, nämlich von den durch Refraktion gebildeten, den diakaustischen Linien.

Auch vom Regenbogen besaß er nur mangelhafte Kenntnisse, ein Beweis, daß er mit Theodorich's Werk unbekannt war. Er maß die Halbmesser des innern und äußeren Regenbogens, welche beim inneren 40 bis 42°, beim äußeren 50 bis 53° betragen, konnte aber diese Messungen nicht mit seiner Theorie in Uebereinstimmung bringen, der gemäß die Bogen durch eine äußere Reflexion und mehrere innere in den Tropfen entstehen, und Durchmesser von 45° und 56° haben sollten. Für den inneren Bogen z. B. nahm er an, daß die auf die Wolke fallenden Strahlen von allen Seiten unter 45° zum Auge gelangen, theils in Folge der Reflexion von der Außenwand der Tropfen, theils nach siebenmaliger Reflexion von der Innenwand, wobei sich denn auch die Strahlen mit Farben tranken, deren er sieben unterschied.

Glücklicher war Maurolykus in der Erklärung einer anderen Erscheinung, die man auch im Freien zu beobachten Gelegenheit hat, nämlich in der, daß wenn die Sonne durch eine kleine Oeffnung scheint, und diese selbst eine ganz unregelmäßige Gestalt hat, wie z. B. die Zwischenräume im Laubwerk, dennoch ein heller Fleck von kreisrunder Gestalt sichtbar wird. Jeder Punkt dieser Oeffnung, sagt er, ist die Spitze eines Strahlenkegels, dessen Basis die Sonnenscheibe ist. Beim Fortgang durch die Oeffnung bilden die Strahlen wiederum Kegel, die von einer senkrecht zur Axe derselben gerichteten Ebene in Kreisen geschnitten werden, welche nunmehr die Grundflächen dieser Kegel sind, die demnach mit den von der Sonne kommenden Doppelkegel ausmachen. In der auffangenden Ebene müssen alle diese Kreise der Gestalt eines einzigen Kreises desto näher kommen, je kleiner die Oeffnung gegen die Kreise, d. h. je weiter die auffangende Ebene von ihr entfernt ist¹⁾. — Er stellte diese Beobachtung auch zur Zeit einer Sonnenfinsterniß an, und bemerkte, daß jedwede Oeffnung ein Bild von Sichelgestalt giebt, wenn die Sonne selbst diese Gestalt besitzt.

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 129.

59. Noch einflußreicher auf seine Zeitgenossen war der zweite der vorhin genannten Männer. **Giambattista della Porta**, ein Neapolitaner aus einer angesehenen Familie, geb. 1538, gest. 1615 zu Neapel. **Porta** war ein Mann von anregendem lebhaften Geist, ausgerüstet mit einem reichen Schatz des Wissens, den er zum Theil auf Reisen nach den vorzüglichsten Städten Europas eingesammelt hatte. Er besaß ein nicht ungewöhnliches Talent zum Experimentiren, versuchte sich in verschiedenen Zweigen der Physik mit Glück, und bereicherte einige derselben mit Erfindungen und Entdeckungen. Dennoch würde man zu weit gehen, wenn man ihn, wie wohl geschehen ist, neben **Galilei** als einen Begründer der neueren Physik aufführen wollte. Seinen Arbeiten mangelt, trotz aller ihrer Verdienstlichkeit jener Ernst und jener philosophische Geist, der aus allen Leistungen des großen Florentiners hervorleuchtet.

Porta warf sich anfangs auf die schöne Literatur, er schrieb an 24 Dramen, theils Trauer- theils Lustspiele, von denen die letzten zu den besten ihrer Zeit gehören. Daneben las er die Schriften alter Naturforscher, wodurch auch in ihm bald ein lebhafter Sinn für Naturforschung erwachte, oder richtiger ein Hang zum Wunderbaren und Geheimnißvollen, den er dadurch zu befriedigen suchte, daß er alles sammelte, was er an solchen Dingen in den ihm zugänglichen Werken fand.

Als ein Verdienst muß es **Porta** angerechnet werden, daß er den ersten bedeutenderen Versuch machte die Bestrebungen Einzelner auf ein gemeinsames Ziel zu lenken, was in damaliger Zeit nöthiger war als jetzt. Er gründete nämlich in seinem Hause im J. 1560 die erste eigentliche physikalische Gesellschaft unter dem Namen *Academia secretorum naturae*. In diese Gesellschaft wurde Keiner aufgenommen, der nicht eine Entdeckung gemacht oder eine neue Thatsache mitgetheilt hatte. Leider machte der römische Stuhl aus religiösen Bedenken diesem vielverheißenden Verein bald ein Ende (s. § 156).

Porta's Hauptwerk führt den Titel *Magia naturalis*, und wurde von ihm 1553 verfaßt, als er 15 Jahr alt war, woraus sich ergibt, daß er 1538 und nicht 1543, wie Einige angeben, geboren ist. Die erste Ausgabe dieses Werkes ist nicht auf uns gekommen; die älteste noch vorhandene datirt von 1558 und erschien zu Neapel. Auch diese ist noch selten, gewöhnlicher ist der Abdruck, den **Plantin** 1564 in Antwerpen machen ließ. Diese erste Ausgabe mit ihren späteren Abdrücken enthält nur 4 Bücher mit folgendem Inhalt:

1) Untersuchungen über Ursachen und deren Wirkungsweisen; — eine Art Metaphysik von geringem Werth.

2) Operationen; — darin finden sich Vorschriften zur Hervorbringung allerlei wunderbarer und seltsamer Dinge, u. A. Beschreibung einer Lampe, welche die Eigenschaft haben soll, daß die von ihr beleuchteten Personen mit einem Pferdekopf erscheinen. Ferner in einem andern Kapitel eine Anweisung, wie mittelst eines Magneten die Keuschheit einer Frau zu erkennen sei! Dagegen weiter hin eine Stelle, die da zeigt, daß **Porta** einige Idee von den stündlichen Veränderungen der magnetischen Deklination besaß.

3) Das dritte Buch befaßt sich mit Alchemie, und enthält verschiedene Vorschriften zur Affinirung der Metalle.

4) Das vierte Buch endlich behandelt die Optik. Darin findet sich die Beschreibung desjenigen Instruments, welches **Porta's** Namen eine gewisse Berühmtheit in der Physik gegeben hat, nämlich die Camera obscura, wovon sogleich mehr.

Diese erste Ausgabe wurde von den Zeitgenossen, für welche das Uebernatürliche, Wunderbare und Geheimnißvolle nicht minder Reiz hatte wie für ihren Verfasser, fast verschlungen. Sie wurde aus dem lateinischen Text in nicht weniger als 5 lebende Sprachen übersetzt, ins Italienische, Französische, Spanische, Deutsche und sogar ins Arabische. Der reißende Beifall seines Werks veranlaßte **Porta** im J. 1589 eine neue und sehr vermehrte

Auflage desselben herauszugeben. In der Vorrede zu dieser Ausgabe sagt er, er habe während der Zwischenzeit nicht aufgehört alle alten Schriftsteller zu lesen, habe Reisen gemacht in Italien, nach Frankreich und Spanien, habe alle Bibliotheken durchforscht, habe Gelehrte und Künstler besucht um Geheimnisse von ihnen zu erfahren, hinzusetzend er sei Tag und Nacht beschäftigt gewesen durch Versuche zu prüfen, ob das Gelesene und Gehörte auch alles wahr sei.

In dieser Ausgabe finden sich der Albernheiten und Lächerlichkeiten weniger als in der früheren, daher sie denn auch weniger als die letztere gelesen wurde, aber dennoch findet sich darin noch vieles, was der Verfasser schwerlich durch eigene Erfahrung geprüft und bestätigt gefunden haben kann. Sie enthält tausenderlei Thatsachen, ohne allen wissenschaftlichen Zusammenhang und Zweck bunt durcheinander gewürfelt, ein wahres Vademecum.

Diese Ausgabe enthält 20 Bücher, von denen **Porta** einige späterhin in erweiterter Gestalt als besondere Werke herausgab, z. B. das Buch von den Ziffern, die Pneumatik, Destillation u. a. m. In dem Kapitel vom Magnetismus heißt es, daß der Magnet in Distanz durch alle Körper hindurchwirke mit Ausnahme des Eisens, und daß die Kompaßnadel vom Meridian abweiche, in Italien etwa 9° östlich. Im Kapitel von der Destillation behandelt er die Frage in wieviel Luft (Dampf) sich eine gegebene Menge Wasser verwandeln könne, auch spricht er darin von der Ausdehnung der Luft durch Wärme, und beschreibt eine Art Thermometer. Im Kapitel von der Refraktion erörtert er die zufälligen, d. i. subjectiven Farben, die optischen Täuschungen und die prismatische Farbenzerstreuung. Darin findet sich auch ein Versuch mit zwei aufeinander gelegten Linsen, dessentwegen man wohl für **Porta** einen Anspruch auf die Ehre der Erfindung der Fernröhre erhoben hat, ja **Porta** selbst. Indefs ist der Versuch nichts weiter als der von **Fracastoro** und begründet keinen Anspruch; hätte **Porta** ein Fernrohr dargestellt, so würde er schon nicht geschwiegen haben.

In dieser vermehrten Ausgabe der *Magia naturalis* von 1589 machte nun **Porta** auch eine Erfindung bekannt, die ebenso unterhaltend als lehrreich ist, nämlich die Erfindung der *Camera obscura*. In der Regel wird **Porta** ohne weiteres für den Erfinder dieses nützlichen Instrumentes ausgegeben; indeß kann man ihm diese Ehre nicht unbedenklich zugestehen, ja es ist überhaupt schwer zu entscheiden, sowohl hier als bei anderen Gegenständen, wie groß der Antheil von **Porta** eigentlich sei. Die *Magia naturalis* ist kein Originalwerk, sondern eine Sammlung von Erfahrungen aus den mannichfaltigsten Quellen, die der Verfasser entweder zufällig oder absichtlich, um sich bei den Lesern in ein höheres Licht zu stellen, fast immer verschweigt.

In Betreff der *Camera obscura* spricht schon das gegen **Porta**, daß er sich selbst nicht für den Erfinder ausgiebt, und in der That kann er dies auch nicht, denn die *Camera* findet sich schon in den unedirten Manuskripten des **Leonardo da Vinci** beschrieben. Das hat **Venturi** 1797 in seinem *Essai sur les ouvrages de L. da Vinci* nachgewiesen, ist aber dennoch allgemein übersehen worden.

Venturi citirt eine Stelle aus einem Kommentar zum **Vitruv**, den ein gewisser **Cesariano** zu Como 1521 erscheinen ließ, worin die Erfindung einem Benediktinermönch **Dom Panunco** zugeschrieben wird. Da **L. da Vinci** 1519 starb und sich nicht selbst die Erfindung beilegt, so wäre es möglich, daß sie dem **Dom Panunco** angehört. **L. da Vinci** ging übrigens weiter als **Dom Panunco**, indem er eine Anwendung von der *Camera obscura* auf die Theorie des Sehens machte.

Auch andere Personen sprechen von der *Camera*, so **Ignatio Danti** ein Dominikanermönch (s. unten), welcher 1573 die *Perspectiva* des **Euklid** übersetzte, und in den Noten derselben von der *Camera obscura* spricht ohne **Porta's** zu erwähnen. — Es ist indeß wohl zu bemerken, daß alle diese dunklen Kammern sehr unvollkommene Instrumente waren.

Porta's Kammer hatte anfangs ein bloßes Loch in dem Fensterladen, mit welchem ein Zimmer verfinstert war, und eine weiße Fläche fing die einfallenden Strahlen auf; später setzte er eine konvexe Linse in die Oeffnung, und damit war das Instrument fertig, die Bilder waren scharf begrenzt. Er begnügte sich nicht damit bloß opake Gegenstände als Gebäude, Landschaften, Personen und dgl. in seinem Zimmer sich abbilden zu lassen, sondern er wandte auch transparente Zeichnungen auf ähnliche Weise an. Den Figuren in diesen Zeichnungen ertheilte er auch mancherlei Bewegungen, und dieses Kunststück verschaffte ihm nicht nur die Bewunderung aller derer, die es sahen, sondern brachte ihn auch in den damals etwas gefährlichen Ruf eines Zauberers.

Die Camera obscura mit transparenten Gegenständen giebt Porta einen nicht unbegründeten Anspruch auf die Erfindung eines zweiten sehr bekannten Instruments, der Laterna magica, denn das ist eine solche Laterna obscura. Gewöhnlich wird die Erfindung der Laterna magica dem Pater Kircher zugeschrieben, allein im Grunde hat derselbe an dieser Erfindung keinen weiteren Antheil, als daß er ihr eine Einrichtung gab, die der heutigen nahe oder gleich kommt. Da Kircher nämlich erst in der zweiten Ausgabe seiner *Ars magna lucis et umbrae* vom J. 1671, aber noch nicht in der ersten 1646 zu Rom erschienenen, davon spricht, und Deschales, ohne Kircher auch nur zu erwähnen, berichtet, daß ihm bereits 1665 von einem Dänen eine Laterna magica mit zwei konvexen Gläsern gezeigt sei, so gilt Kircher wohl mit Unrecht für den Erfinder derselben ¹⁾.

60. Der oben bei der Camera obscura genannte Dominikanermönch Ign. Danti, der später zum Bischof von Alatri erhoben ward, war ein um die Astronomie und Mathematik wohl verdienter Mann, und von Gregor XIII. zu der Kommission gezogen, welche die Kalenderreform ins

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 294. Vergl. § 192.

Werk setzte, auch stammt von ihm der früher so vielfach bewunderte Meridian in der Kirche Maria Novella zu Florenz her. Er starb 1586.

Hinsichtlich der mehrfach erwähnten Kalenderreform sei hier nur bemerkt, daß unter Julius Caesar im J. 707 der Erbauung Roms von dem griechischen Astronomen Sosigenes und dem Römer Marcus Fabius der julianische Kalender ausgearbeitet wurde, der bis zum J. 1582 in allen christlichen Kirchen üblich war. Danach hatte das Jahr 365½ Tage und die Einrichtung, daß auf drei Jahre mit 365 Tagen ein viertes mit 366 Tagen folgte. Der Schalttag lag zwischen dem 23. und 24. Februar. Das Jahr war aber nach diesem Kalender um 11 Minuten zu lang, und dadurch das Frühlingsäquinoktium im XVI. Jahrhundert vom 21. März auf den 10. März gekommen. Die von Gregor XIII. eingesetzte Kommission bestimmte deshalb, daß im J. 1582 der Tag nach dem 4ten Oktober nicht der 5te, sondern der 15te genannt werden solle, und späterhin alle 400 Jahre drei Schalttage auszulassen seien, indem man nur den durch 4 theilbaren Jahrhunderten den Schalttag ließe. Hiernach sind 1600, 2000, 2400 u. s. w. Schaltjahre; 1700, 1800, 1900 u. s. f. gemeine Jahre.

In dem Vorangehenden habe ich in der Aufzählung aller dieser Männer die chronologische Folge absichtlich bei Seite gestellt, um die verwandten Bestrebungen auf dem Felde der Mechanik und Optik vor Galilei's Auftreten kurz zusammen zu fassen. Verlassen wir jetzt für einige Zeit Italien, um uns dem Manne zuzuwenden, der durch seine Leistungen das erste Fundament zur neueren Naturforschung legte, ich meine den Gründer der heutigen Astronomie.

Kopernikus.

61. Nikolaus Kopernikus geb. d. 19. Febr. (a. St.) 1473 zu Thorn, gest. zwischen 7. und 21. Mai (a. St.) 1543 zu Frauenburg als Kanonikus am Dome daselbst.

Nicht selten wird Kopernikus für einen Polen ausgegeben und diese Ansicht ist gewissermaßen legalisirt wor-

den, seit ihm zu Warschau ein Standbild errichtet ist mit der Inschrift *Nicolao Copernico grata patria*. Allein dieses Denkmal ließ 1809 Napoleon bei Thorwaldsen bestellen, und zwar ursprünglich für Thorn, es kam aber erst und nicht ohne Kämpfe mit den russischen Behörden 1829 in Warschau zur Aufstellung. Ferner errichtete der Graf Sierakowsky dem Kopernikus in der St. Annen-Kirche zu Krakau ein Denkmal mit der Inschrift *Sta sol, ne moveare*.

Für die polnische Abkunft des Kopernikus führt man gewöhnlich eine Stelle aus Zernecke's Thornischer Chronik an, worin es heißt *Patre Nicolao Copernico, cive cracoviensi*. Indels ist die Quelle dieser Notiz nicht nachgewiesen, und es findet sich nirgend eine Bestätigung weiter als in einer Geschlechtstafel bei Centner: *Geehrte und gelehrte Thorner*, welche von einem ungenannten Elbinger herrühren soll, und worin als Eltern des berühmten Astronomen genannt werden *Nicolaus Copernicus, Cracoviensis, civis Thorunensis, conjux Wasselrodia, Lucae a Wasselrod* (eigentl. Waisselrode) *episcopi Varmiensis soror*.

Nichtsdestoweniger haben wir Deutsche sehr triftige Gründe den Kopernikus für unseren Landsmann zu halten.

In dem Gerichtsbuch der Altstadt Thorn findet sich die Angabe, daß bereits im J. 1400 ein Koppernick einen gerichtlichen Erbvertrag mit einem gewissen Augustin geschlossen habe, und unter demselben Namen Koppernick wird der Vater des Astronomen in dem Kürbuch der Stadt 1465 als altstädtischer Gerichtsschöppe aufgeführt. Danach ist die gewöhnliche Angabe, es sei Kopernikus der Vater erst 1463 aus Krakau nach Thorn gezogen, höchst unwahrscheinlich, denn schwerlich würde man einem Nationalpolen, der erst zwei Jahre zuvor eingewandert war, ein Amt verliehen haben, zu welchem eine so gründliche Kenntniß der deutschen Sprache erforderlich sein mußte.

Ueberdies ist der Name Koppernick, der hier zweimal vorkommt, kein polnischer und der Name der Mutter des Astronomen Barbara Waisselrode entschieden deutsch.

In Schlesien giebt es mehrere Ortschaften, welche Namen führen wie Koppirnick, Köppernig und ähnliche, und bei denen früher Bergbau, namentlich auf Kupfer betrieben wurde. Im Altvatergebirge heißt ein Berg Köpprichstein auch Köppernikstein. Die Vorfahren des Kopernikus, sagt die Schlesische Zeitung vom 7. Februar 1873, stammen aus dem Eulengebirge und sind Kupferbergleute oder Kupferschmiede gewesen, welche aus Köppernick zuerst nach Frankenstein gekommen, und sich von da aus nach Krakau, Thorn und Danzig verbreitet haben. Im J. 1422 machen zwei Geschwister in Thorn, Margaretha und Hans Koppernick der Kupferschmied, eine Erbschaft in Frankenstein, die ihnen ein Peter Koppirnick von Frankenstein übersendet.

In Krakau übrigens wie in Posen bestanden deutsche Gemeinden, denen seit 1250 deutsches Stadtrecht bewilligt war, und deren Raths- und Gerichtsbücher meist lateinisch, mitunter auch deutsch, aber bis ums Jahr 1570 nicht polnisch geführt wurden. Es kann daher wohl sein, daß der Vater des Astronomen Bürger in Krakau war, aber er würde darum noch immer der deutschen Nation angehören, und dies selbst noch in dem Falle, daß er in Krakau geboren wäre. Dazu kommt, daß die Stadt Thorn und das Bisthum Ermland von jeher dem deutschen Orden angehörten und daß, wenn erstere sich auch wenige Jahre vor der Geburt des Astronomen von dem Orden lossagte, sie doch nicht ein integrierender Theil der Republik Polen wurde, sondern sich nur traktatenmäßig unter den Schutz des Königs von Polen begab. Man kann also nicht einmal sagen, daß Kopernikus in Polen geboren sei.

Daß man auch in den Kreisen, welchen Kopernikus persönlich nahe stand, ihn nicht als einen Polen betrachtete, ersieht man aus einem Schreiben des Bischofs Martin Cromer vom 21. November 1580 an sein Domkapitel, worin es heißt: *Cum N. Copernicus vivens ornamento fuerit atque etiam nunc post fata sit, non solum huic Ecclesiae, verum*

*etiam toti Prussiae patriae suae, iniquum esse puto, eum post obitum carere honore sepulchri sive monumenti.*¹⁾

Endlich verdient noch bemerkt zu werden, daß **Kopernikus** außer lateinisch nur deutsch schrieb, nicht polnisch.

62. **Kopernikus** studirte zunächst Medicin auf der Universität Krakau, und erwarb sich dort auch die medicinische Doktorwürde. Mathematische Vorlesungen von einem **Brudzewski** (Albertus de Brudzewo) erweckten aber bald in ihm die Vorliebe für Astronomie und gaben Veranlassung, daß er sich nach beendigten Studien nach Wien begab, um den Unterricht der beiden berühmtesten Astronomen damaliger Zeit **Purbach** und **Regiomontan** zu genießen. Er blieb indeß nicht gar lange dort, sondern eilte im 23. Lebensjahre nach Italien, wo sich auch die beiden eben genannten Männer gebildet hatten.

Mehrere Jahre hielt er sich in Bologna bei **Domenico Maria Novara** auf, der daselbst seit 12 Jahren Astronomie lehrte, und für einen ausgezeichneten Astronomen galt. Dennoch trug sich dieser Mann mit der sonderbaren Idee, daß sich die Polhöhe der Orte in Italien und Spanien seit **Ptolemaeus** Zeiten vergrößert habe, die von Cadix z. B. um einen ganzen Grad, obwohl die Polhöhen, auf die er sich stützte, für die meisten Orte nur durch die Dauer des längsten und kürzesten Tages bestimmt worden waren.

Kopernikus verweilte sehr lange in Italien; womit er sich indeß im Speciellen während dieser Zeit beschäftigte, weiß man nicht, es ist nur bekannt, daß er am 9. März 1497 zu Bologna eine Bedeckung des Aldebaran durch den Mond, sowie im Jahre 1500 zu Rom eine Mondfinsterniß beobachtete, und daselbst um diese Zeit mit Beifall Mathematik lehrte. Ebenso ist unbekannt, wann er aus Italien zurückkehrte; nur so viel weiß man, daß er nicht lange nach der Heimkehr in sein Vaterland durch seinen Onkel Lucas, den Bischof von Ermland, ein Kanonikat am Dom zu Frauenburg erhielt, eine Stellung, welche für die

¹⁾ Humboldt, Kosmos II, 497.

Wissenschaft die wichtige Folge hatte, daß er sich nun ungestört seinen Ideen über das Weltsystem hingeben konnte, welche er vermuthlich in Italien zuerst aufgefaßt hatte.

Von nun an führte **Kopernikus** ein sehr zurückgezogenes Leben; man weiß nur noch, daß er 1521 von dem Frauenburger Domkapitel zum Abgeordneten für den Landtag zu Graudenz erwählt wurde, und dort einen Auftrag zur Verbesserung des Münzwesens übernahm. Ein anderes Zeichen seiner Wirksamkeit ist eine Wasserleitung zu Frauenburg, die zum Theil noch erhalten ist, und durch welche er die Wohnungen der Domherren mit dem Wasser der Baude versorgte...

Seine Hauptbeschäftigung blieb indess die Astronomie. In stiller Zurückgezogenheit über den Bau des Weltsystems nachdenkend stiegen ihm allmählich Zweifel auf, daß derselbe von so verwickelter Einrichtung sein sollte, als es die ptolemaeische Lehre angab. Er faßte, man weiß nicht wann zuerst, den Gedanken, daß wohl eine einfachere Erklärung möglich sei. Sich selber mißtrauend wagte er indess noch nicht von der durch ein mehr als tausendjähriges Alter geheiligten Lehre abzuweichen. Er schlug daher die Alten nach und fand, daß bereits Einige derselben anderer Meinung als **Ptolemaeus** gewesen waren. Dies bestärkte ihn in seinem ersten Gedanken; er ging demselben weiter nach, jeden Schritt mit der Erfahrung vergleichend, und da er keinen Widerspruch fand, immer dreister seinem Genius folgend. So reiften allmählich seine Ideen zu einem systematischen Ganzen, das bereits 1530 im Wesentlichen abgeschlossen war.

Einzelnes daraus hatte er nach und nach seinen gelehrten Freunden in Deutschland brieflich mitgetheilt, und diese drangen in ihn die großen Entdeckungen der Welt bekannt zu machen. Immer aber konnte er sich nicht entschließen öffentlich gegen **Ptolemaeus** aufzutreten, bis endlich im Jahre 1536 die Bitten seines Freundes, des Kardinals v. Schomberg, Bischofs von Padua, den Sieg

davon trugen. Er willigte ein, was er länger als 30 Jahre mit sich herumgetragen hatte, der Welt zu überliefern. Schon alt und schwächlich zog er seinen Freund **Georg Joachim**, gewöhnlich nach seiner Heimath Rhätien **Rhäticus** genannt, Professor zu Wittenberg, bei der Ausarbeitung seines Werkes zu Hülfe, und dieser legte eigends sein Lehramt nieder um zu Frauenburg unter **Kopernikus** Augen die Arbeit zu vollenden.

Durch **Rhäticus** Vermittelung wurde das Manuskript in Nürnberg dem Druck übergeben, welchen **Osiander** lutherischer Prediger in Nürnberg und **Schoner**, Professor der Mathematik am Gymnasium daselbst, besorgten. Der Erstere von beiden schrieb anonym dazu die Vorrede, die wahre aber von **Kopernikus** selbst verfaßte blieb handschriftlich im Besitz des Grafen Nostiz in Prag; und wurde zuerst 1854 in der von **Baranowski** veranstalteten Prachtausgabe des Werkes lateinisch gedruckt, woraus sie auch später ins Deutsche übersetzt ist.

Kopernikus mußte wohl ein Vorgefühl haben, daß seine Ideen dem römischen Stuhl nicht angenehm sein möchten, und vielleicht war das mit einer der Gründe, weshalb er so lange zögerte sie zu veröffentlichen. Daher widmete er sein Werk dem Papst Paul III., und trug in der Dedikation ebenso fein als gewandt seine Ideen nur als eine Hypothese vor, um die Erscheinungen des Weltbaues falslicher zu machen. Aber das Werk selbst giebt überall die vollgültigsten Beweise, daß diese Ideen seine tiefste unerschütterlichste Ueberzeugung waren.

63. Das Werk des **Kopernikus**, die Frucht des reiflichsten Nachdenkens und keineswegs ein bloß flüchtiger Entwurf, gründet sich auf folgende drei Hauptsätze:

1) Die Erde dreht sich von West nach Ost um eine feste Axe, und daraus entspringt die tägliche Bewegung der Himmelskörper von Ost nach West, die daher nur eine scheinbare ist.

2) Die Erde läuft, während sie sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, in derselben Richtung zugleich

um die Sonne, und dabei behält die Axe fortwährend eine parallele Lage, einen bestimmten schiefen Winkel gegen die Ebene der Erdbahn machend. Daraus erklären sich die Jahreszeiten.

3) Wie die Erde, so laufen auch alle Planeten um die Sonne, woher es kommt, daß diese zuweilen vorwärts gehen, zuweilen stille stehen, zuweilen rückwärts sich bewegen.

Die Vereinigung dieser drei Sätze, und nur die Vereinigung derselben, bildet das kopernikanische Weltsystem. Dies hat man wohl zu erwägen, wenn man **Kopernikus'** großes Verdienst gehörig würdigen und gegen die Angriffe vertheidigen will, die früher sehr ungerechter Weise gegen **Kopernikus** erhoben worden sind. Bei unparteiischer Abwägung seiner Verdienste stellt sich nämlich heraus:

Den ersten Satz behaupteten schon einige der Alten, namentlich **Heraklides** aus Pontus, **Ekphantus** der Pythagoräer und **Nicetas** oder **Hicetas** von Syracus. Letztere meinten sogar, die Bewegung der Erde um ihre Axe allein reiche hin, die Bewegungen aller übrigen Planeten zu erklären. Dies wußte sogar **Kopernikus**, denn er selbst sagt durch Lesen des **Cicero** und **Plutarch** es erfahren zu haben. Allein dies beweist noch nicht, daß **Kopernikus** seine erste Idee aus den Alten geschöpft habe, und überdies war der Satz von der Rotation der Erde selbst bei den Alten ganz unbeachtet geblieben, selbst die ersten Astronomen hatten sich gegen ihn erklärt.

Was den zweiten Satz betrifft, so findet sich allerdings eine Andeutung davon in der Lehre des **Aristarch** von Samos (280 v. Chr.), welcher, wie wir durch **Archimedes** wissen, behauptete, daß die Sonne still stehe, und die Erde in einem schiefen Kreise um dieselbe laufe. Er lehrte aber auch, die Sphäre der Sterne drehe sich um die Sonne, nur sei diese Sphäre so groß, daß der Kreis der Erde sich zu ihr wie das Centrum eines Kreises zu seiner Peripherie verhalte.

In diesen Aussprüchen liegt allerdings etwas wahres, das man aber schwerlich herausfinden wird, wenn man es nicht schon kennt, überdies fanden dieselben nicht die geringste Beachtung. Aristarch selbst wurde sogar von Kleanth der Irreligiosität, der Veründigung gegen den Vestadienst angeklagt, und mußte aus Athen entfliehen, und die berühmtesten Astronomen des Alterthums Hipparch und Ptolemaeus erwähnen seiner gar nicht. Nur Aristoteles führt als eine Meinung der Pythagoräer an, daß sie glaubten, die Erde laufe um das Feuer, aber er verwirft diese Meinung als eine ungereimte Hypothese. Uebrigens scheint Kopernikus nichts von der Aeufserung des Aristarch gewußt zu haben.

Den dritten Satz endlich, welcher unstreitig der allgemeinste ist, hat vor Kopernikus Niemand gelehrt, er ist sein unbestrittenes Eigenthum.

64. Ueber die Ursache des Laufs der Planeten, ihr Vorwärtsgehen, Stillstehen und Rücklaufen hatten die Alten lange Zeit sich gar keine Vorstellung gebildet. Erst als Plato den Astronomen die Frage vorlegte, wie diese Erscheinung zu erklären sei, stellte der Pythagoräer Eudoxus, der ums J. 370 v. Chr. lebte, die wunderliche Hypothese von der Bewegung der Planeten in Epicykeln auf, die später Ptolemaeus zu einem förmlichen System ausarbeitete. Nach diesem System stand die Erde unbeweglich im Weltall, und um sie drehten sich der Reihe nach: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, und dann kam die sogenannte achte Sphäre, die Fixsternsphäre.

Dies System, das sich über tausend Jahr in unangefochtenem Ansehen erhielt, war schon in Betreff der Anordnung der Planeten fehlerhafter als ein älteres, welches nach Makrobius die alten Aegypter aufstellten, und nach welchem sich wenigstens Merkur und Venus um die Sonne drehten. Es wurde auch von Vitruv und Martianus Capella vorgetragen, ohne der Aegypter zu erwähnen. Allein dieses System kam ganz in Vergessenheit und wurde durch das Ansehen des ptolemaeischen völlig verdrängt. Dasselbe

stützt sich hauptsächlich auf zwei Hypothesen. Scheinbar nämlich bewegen sich Sonne und Mond in Kreisen um die Erde, und da diese Bewegung eine ungleichförmige ist, bald schneller bald langsamer, so nahm man nach **Ptolemaeus** an, die Erde stehe nicht im Mittelpunkt dieser Kreise, weshalb die an sich gleichförmige Bewegung von dem excentrischen Standpunkt aus nicht als solche erscheinen könne. Da ferner die übrigen fünf Himmelskörper schleifenähnliche Bahnen am Himmel beschreiben, so erklärte **Ptolemaeus** diese dadurch, daß er die Planeten gleichförmig auf Kreisen, *Epicykeln*, laufen ließ, deren Mittelpunkte selbst wieder Kreise um die Erde beschrieben.

Ptolemaeus selbst scheint gefühlt zu haben, daß sein System etwas complicirt sei, denn er sagte, es sei lange nicht so schwer die Planeten zu bewegen, als ihre Bewegung zu begreifen. Dennoch erklärte sein System die Erscheinungen nur unvollkommen, und in dem Maße als die Beobachtungen vervielfältigt wurden, traten die Mängel desselben immer deutlicher hervor. Man sah sich daher genöthigt, Abänderungen in den von **Ptolemaeus** aufgestellten Hypothesen zu machen, und zu den von ihmersonnenen *Epicykeln* noch neue hinzuzufügen. Dadurch wurden die Schwierigkeiten aber keineswegs beseitigt, im Gegentheil nur immer noch größer gemacht, und es trat eine heillose Verwirrung ein, die bereits im XIII. Jahrhundert eine solche Höhe erreicht hatte, daß **Alfons X.**, König von Kastilien, als ihm die Astronomen das Welt-system erklärten, sich den Scherz erlaubte zu sagen, wenn Gott ihn bei der Schöpfung um Rath gefragt hätte, so würde er die Sache einfacher eingerichtet haben.

Alle diese Schwierigkeiten verschwanden nun durch die kopernikanische Lehre mit einem Schlage. Der scheinbare Lauf der Planeten, der früher soviel Kopfbrechens gemacht hatte, erklärte sich ganz einfach, und statt der früheren Komplikation trat die schönste Harmonie hervor.

65. Keiner vor **Kopernikus** hat den Ausspruch gethan, daß die Erde in gleichem Range stehe mit den fünf

damals bekannten Planeten, sich wie diese um die Sonne drehe, und daß andererseits der Mond, der in allen früheren Systemen zu den Planeten gezählt wird, ein Weltbürger anderer Ordnung, ein Satellit der Erde sei. Wie leicht und ungezwungen erklären sich die Schleifen der Planetenbahnen, von deren Entstehung die Epicykel nur eine nothdürftige Vorstellung gaben, durch die einfache Thatsache, daß wir von der Erde, einem ebenfalls kreisenden Standort aus, die Bewegung der anderen Planeten beobachten, die uns deshalb bald rückwärts, bald vorwärts zu gehen oder still zu stehen scheinen, weil die Richtung unserer eigenen Bewegung zeitweise der ihrigen gleich und dann wieder entgegengesetzt ist.

Die unsterblichen Verdienste, welche sich **Kopernikus** durch Aufstellung und sorgfältige Durchführung dieser seiner Lehre erworben hat, dürfen uns jedoch nicht übersehen lassen, daß dieselbe mit mancherlei Irrthümern und Mängeln behaftet war. So glaubte er, daß um den Parallelismus der Erdaxe aufrecht zu erhalten noch eine besondere Bewegung nöthig sei, und er legte daher der Erde eigentlich drei Bewegungen bei. Ferner hielt er die Planetenbahnen noch für Kreise und zwar excentrische. Endlich wies er keine Ursache von den Bewegungen nach, welche er den Planeten beilegte. Sein Weltsystem war gleichsam ein naturhistorisches, das die Dinge beschrieb, wie sie seiner Ansicht nach waren, ohne auf den Grund der Erscheinungen zurückzugehen.

Kopernikus scheint nur eine ganz dunkle Ahnung von der allgemeinen Gravitation gehabt zu haben, und von den Gesetzen der Planetenbewegung war ihm natürlich nichts bekannt. Auch in andern Dingen hatte er noch beschränkte Ansichten, wie er denn noch glaubte, daß die Fixsterne dunkle Körper wären, die nur von der Sonne erleuchtet würden, eine Meinung, die bald darauf schon **Giordano Bruno** verwarf. Dieses alles sind indeß nur unbedeutende Flecke, die den strahlenden Ruhm, welchen **Kopernikus** sich um die Schläfe wand, nicht verdunkeln können!

Kopernikus ist und bleibt ein hell leuchtendes Gestirn am Firmament der Wissenschaft; allein es ging zu einer Zeit auf, wo der Horizont noch mannichfach von Nebeln umdüstert war. Die kopernikanische Lehre machte anfangs selbst bei den Astronomen wenig Glück, das ptolemaeische Weltsystem war zu alt und stand zu sehr in Ansehen, als daß es hätte auf einmal verdrängt werden können. Ihre ersten Anhänger fand die neue Lehre in Deutschland, doch auch hier nur in geringer Zahl; dahin gehören:

Rhäticus (geb. 1514, gest. 1576), der schon früher genannte Freund von **Kopernikus**.

Erasmus Reinhold (geb. 1511, gest. 1553), Professor zu Wittenberg, der sich indeß nicht ganz vom ptolemaeischen System trennen konnte, und daher seine *Tabulae prutenicae* doppelt berechnete, nach dem System von **Ptolemaeus** und von **Kopernikus**. Die Tafeln waren dem Herzog Albrecht v. Preußen und Markgrafen v. Brandenburg gewidmet, daher ihr Name.

Christoph Rothmann, von 1577 an Astronom des Landgrafen Wilhelm v. Hessen-Kassel.

Michael Mästlin (Möstlin) geb. 1550 zu Göppingen in Würtemberg, gest. 1631, Professor der Mathematik und Astronomie zu Tübingen. Von diesem würdigen Mann, dem Lehrer des großen **Kepler**, sagt man, daß er durch eine in Italien gehaltene Rede **Galilei** zum Anhänger des kopernikanischen Systems gemacht habe, obwohl er in seiner *Epitome astronomiae*, *Tübing.* 1582, noch das ptolemaeische Weltsystem vorträgt.

Von **Mästlin** ist auch das aschfarbene Licht des Mondes vor und nach seiner Konjunktion mit der Sonne, das *Lumen secundarium*, *Lumière cendrée* zuerst richtig durch das von der Erde auf den Mond zurückgeworfene Sonnenlicht erklärt. Noch **Tycho** läßt es durch Reflex des Sonnenlichts an der Venus entstehen.

Im Ganzen machte die Anerkennung der kopernikanischen Lehre in den ersten 40 bis 50 Jahren nur geringe

Fortschritte, und selbst diese wurden noch empfindlich gehemmt, als ein Mann von großem Ansehen sich zum Gegner derselben aufwarf, nämlich

Tycho Brahe.

66. **Tycho Brahe** (eigentlich Tyge, mit Unrecht häufig de Brahe), aus einer altadligen Familie Schwedens abstammend, war geb. 1546 in Schonen, unweit Helsingborg auf Knudstrup, und starb zu Prag 1601. Er war zum Studium der Rechte bestimmt, und besuchte in dieser Absicht die Universitäten Kopenhagen und Leipzig. Allein als er noch ein vierzehnjähriger Knabe war, machte eine Sonnenfinsterniß am 21. August 1560, oder vielmehr das Eintreten derselben zu dem im Voraus berechneten Zeitpunkt einen solchen Eindruck auf ihn, daß er seitdem eine entschiedene Vorliebe zur Astronomie faßte, und ihr Zeit und Geld widmete, soweit es der väterliche Hofmeister gestattete. Bereits im 17. Jahre 1563 fand er zu Leipzig durch eigene Beobachtungen, daß die damaligen Tafeln für Jupiter und Saturn sehr fehlerhaft waren, eine Konjunktion derselben sehr unrichtig angaben.

Die geringe Aussicht, welche sein Vaterland für die Kultur der Astronomie darbot, bestimmte ihn, nach vollendeten Studien im Auslande zu verweilen, besonders in Deutschland.

Nur selten und dann auf kurze Zeit die Heimath besuchend, lebte er folgeweise in Wittenberg, Kassel, Augsburg, Regensburg und selbst in Venedig. In Rostock verlor er in einem Duell mit einem dänischen Edelmann einen Theil seiner Nase, den er später durch ein künstlich gearbeitetes Stück aus Silber ersetzte. Bei seinem Aufenthalt in Kassel lernte er den Astronomen **Rothmann** und dessen Schutzherrn, den Landgrafen Wilhelm IV., sowie in Regensburg den Kaiser Rudolph II. kennen. Endlich nach 10 Jahren, während welcher sich Tycho durch verschiedene astronomische Arbeiten schon rühmlich bekannt gemacht hatte, rief ihn der König Friedrich II. von Dänemark, besonders

auf die Verwendung des Landgrafen Wilhelm IV., zurück in die Heimath unter Bewilligungen, die namentlich für die Zeit höchst glänzend genannt werden müssen. Er gab ihm aus dem Sundzoll ein Jahrgehalt von 2000 Thalern, verlieh ihm ein Reichslehen in Norwegen, ein Kanonikat am Dom von Roeskilde, die Pfründe St. Laurentii, die 1000 Thaler abwarf, und schenkte ihm überdies die jetzt zu Schweden gehörige kleine Insel Hven im Sunde als Eigenthum zur Erbauung einer Sternwarte.

Diese Sternwarte, zu welcher am 8. August 1576 der Grund gelegt wurde und die den Namen Uranienborg bekam, wurde unter Tycho's Leitung bald das berühmteste Institut seiner Art, sowohl durch seine Einrichtung als auch durch seine Ausstattung mit Instrumenten, die Tycho zum Theil selber verbessert hatte, besonders aber durch die Beobachtungen und Werke, welche unter Tycho's Händen von demselben ausgingen. Von nah und fern strömten Gelehrte und Ungelehrte, hohe und höchste Herrschaften dahin, um das Wunder seiner Zeit zu sehen; was freilich Tycho nicht gerade zum Vortheil gereichte, da es ihn zu einem Aufwand veranlaßte, der am Ende doch seine hohen Einnahmen überstieg.

Einundzwanzig Jahre verlebte Tycho in dieser behaglichen und der Wissenschaft so fördersamen Unabhängigkeit, als sein Gönner Friedrich II. im J. 1597 starb, und unter dessen Nachfolger Christian IV. seine Neider es dahin brachten, daß ihm bis auf den Besitz des Eilandes Hven, das nur 200 Thaler eintrug, alle übrigen Einkünfte entzogen wurden. Er wandte sich nun an Kaiser Rudolph II. in Prag, dessen Bekanntschaft er, wie erwähnt, in Regensburg gemacht hatte, und fand an diesem einen nicht minder großmüthigen Beschützer als in Friedrich II. Der Kaiser bewilligte ihm ein Jahrgehalt von 3000 Goldgulden und überdies ein Lehen, sobald eins erledigt würde.

Diese Gunst des Kaisers muß billig befremden, wenn man weiß, daß er gleichzeitig Keppler, der doch Tycho an Geist unendlich überlegen war, darben liefs, so daß

dieser genöthigt war, sich als Hilfsrechner bei Tycho zu verdingen. Aber das Räthsel klärt sich auf, wenn man weiß, daß Kaiser Rudolph in Tycho nicht grade den Astronomen ehrte, sondern ihn als Astrolog und Alchemist in seine Dienste nahm. Astrologie und Alchemie waren neben der Sternkunde immer Lieblingsbeschäftigungen des ausgezeichneten Astronomen gewesen, und besonders hatte er in jüngeren Jahren die letztere eifrig getrieben, um Reichthümer zu erlangen, wenngleich in der edlen Absicht dieselben zum Besten der Wissenschaft zu verwenden.

Kaiser Rudolph liebte nun ebenfalls die Alchemie mit Leidenschaft und errichtete ihr in Prag eine Freistätte, die zwar hin und wieder einen tüchtigen Mann herbeizog, aber auch zum Sammelplatz von Abenteurern und Glücksrittern aller Länder wurde. Tycho ist einer der Wenigen, bei denen die kaiserliche Liebhaberei wirklich Gutes stiftete, denn er hörte auch in seiner neuen Stellung nicht auf, für die Astronomie thätig zu sein. Leider dauerte aber seine Thätigkeit in Prag nicht lange, denn schon im J. 1601, zwei Jahre nach seiner Ankunft daselbst, erteilte ihn der Tod, wie man angiebt in Folge davon, daß er sich an der kaiserlichen Tafel den Urin zu lange verhalten hatte.

67. Tycho war ein vortrefflicher Beobachter, der sich um die praktische Astronomie bleibende Verdienste erworben hat, ja man kann ihn in manchem Bezuge als den hauptsächlichsten Förderer derselben bei den Neueren betrachten. Abgesehen von den Verbesserungen, die er an den Instrumenten seiner Zeit anbrachte, war er es z. B., der zuerst die untere und obere Lage des Polarsterns im Meridian zur Bestimmung der Polhöhe eines Orts benutzte, während man vordem, und noch Kopernikus that es, sich der größten und kleinsten Höhe der Sonne im Meridian zur Bestimmung der Höhe des Aequators bediente. Tycho entdeckte die Ungleichheit in der Bewegung des Mondes, die man Variation nennt, ferner die Veränderlichkeit der Mondbahn gegen die Ekliptik, sowie die Ungleichförmigkeit der Mond-

knoten in ihrer Bewegung gegen den Lauf des Mondes, auch verbesserte er wesentlich die Sternkarten.

Aber in seinen theoretischen Ansichten war er nicht glücklich. Statt das kopernikanische System anzunehmen, glaubte er ein neues aufstellen zu müssen, das er für besser hielt, in der That aber ein Rückschritt zum ptolemaeischen System war. Er nahm nämlich an, die Erde stehe unbeweglich im Weltall und um sie drehen sich Mond, Sonne und die Fixsternsphäre. Um die Sonne liefs er die fünf Planeten kreisen, und das war die einzige Abweichung von Ptolemaeus.

Tycho machte dies System, zu dessen Annahme er theils durch theologische theils durch astronomische Gründe bewogen ward, bekannt in dem Werk: *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*, welches 1588 zu Uranienborg angefangen, in Prag vollendet und 1610 zu Frankfurt a. M. gedruckt wurde. Er konnte sich nicht entschließen, die Bewegung der Erde einzuräumen, weil sie den Aussprüchen der Bibel zuwider ist¹⁾. Dann meinte er auch, wenn die Erde um ihre Axe rotire, so müsse ein Stein, der an der Westseite von der Spitze eines Thurmes herabfalle, hinter dem Thurm zurückbleiben. Man könne sich nicht vorstellen, alle 24 Stunden auf dem Kopfe zu stehen, auch müsse durch die Schwungkraft alles zerstreut werden, und gegen den Umlauf der Erde um die Sonne wendete er den Mangel der Parallaxe der Fixsterne ein.

Die Bewegung der Erde war dem Tycho der Hauptanstofs in der kopernikanischen Lehre, bis auf diesen Punkt ist sein System im Grunde ganz in Uebereinstimmung mit Kopernikus. Es sieht demnach aus, als wenn Tycho nur aus einer Art von Eigensinn das kopernikanische System

¹⁾ Solche Aussprüche stehen: Josua, Kap. 10, v. 12, 13. Im Kriege gegen die Amoriter sagt Josua auf des Herrn Geheifs „Sonne stehe still zu Gibeon und Mond im Thale Ajalon! Da stand die Sonne und der Mond stille, bis dafs sich das Volk an seinen Feinden rächete“. — Pred. Salomo, Kap. 1, v. 5: „Die Sonne geht auf und geht unter und läuft an ihren Ort, dafs sie daselbst wieder aufgehe“.

verworfen habe, indeß behauptet er, er sei im J. 1582 durch genaue Beobachtung der Parallaxe des Mars darauf geleitet worden, die nach dem ptolemaeischen System unmöglich ist. In einer späteren Schrift: *Astronomiae instauratae progymnasmata, Pragae 1603*, räumte er zwar ein, daß die Bewegung der Planeten sich einfacher nach dem kopernikanischen System erklären lasse, allein dennoch konnte er sich wegen des Widerspruchs mit der Bibel nicht zur Annahme desselben entschließen. Dies ist wenigstens der Grund, den er gegen den Astronomen **Rothmann** anführt, denn die übrigen Gründe gegen die Rotation der Erde hatte dieser bereits widerlegt.

Ungeachtet seiner Mangelhaftigkeit fand doch das tychonische System im Allgemeinen viel Beifall, besonders bei denen, die nicht selbst zu denken gewohnt waren, und sich durch die Autorität des Urhebers bestimmen ließen. Nur Männer wie **Keppler**, **Mästlin**, **Galilei** u. A. blieben unerschütterlich bei dem kopernikanischen System. Diese Festigkeit ist besonders an **Keppler** zu rühmen, da derselbe sich in einer von **Tycho** abhängigen Stellung befand, und dieser bis zu seinem Tode nicht aufhörte, Versuche zu machen, **Keppler** zu seiner Lehre zu bekehren.

Ein Gutes hatte indeß diese Lehre, nämlich dadurch, daß sie gleichsam dem ptolemaeischen System den Todesstoß versetzte. Von nun an war nur noch von **Kopernikus'** und **Tycho's** System die Rede, aber leider zählte das letztere die meisten Anhänger, darunter **Riccioli**, **Rheita**, **Morin**, **Deschales** u. A. Die meisten derselben nahmen es auch unverändert an, nur **Longomontan**, ein Schüler des **Tycho**, glaubte sich eine kleine, aber freilich sehr wesentliche Abänderung erlauben zu dürfen. Ihm kam es denn doch gar zu unwahrscheinlich vor, daß sich der Fixsternhimmel täglich um die Erde drehen sollte, wie **Tycho** lehrte; er liefs es daher zu, daß die Erde sich drehe, erlaubte aber nicht, daß sie von der Stelle gehe.

Longomontanus, eigentlich **Christian Severin**, von seinem Geburtsort **Langberg** in **Jütland** **Longomontan** genannt, war

1561 geb. und starb 1647 als Professor der Mathematik in Kopenhagen. Er lebte einige Jahre mit Tycho zusammen in Prag, hat aber daselbst durch seine Opposition gegen Keppler grade keinen sonderlichen Ruf hinterlassen.

So wenig Tycho übrighens Ursache hatte auf sein System eifерstüchtig zu sein, so gab es doch einen Landsmann von ihm, der ihm dasselbe streitig zu machen suchte. Nikolaus Rymers aus Henstede im Dithmarschen, gewöhnlich Reimarus Ursus genannt, ein Feldmesser, der sich später kaiserlicher Mathematiker nannte, zuletzt in Prag lebte und 1600 daselbst starb, behauptete, er habe das System 1585 entdeckt, es dem Landgrafen Wilhelm IV. mitgetheilt, und durch dessen Astronomen Rothmann habe es Tycho erfahren.

Keppler.

68. Während durch solche und ähnliche Bemühungen die beiden Lehren in den Augen des größeren Publikums ein fast gleiches Ansehn behaupteten, fügte es sich, daß nur wenige Jahre nach Tycho's Tod die kopernikanische Lehre die allerentschiedenste Bestätigung erhielt, und zwar durch den Mann, der, solange Wissenschaften geachtet bleiben, die Zierde und der Stolz der deutschen Nation wird genannt werden müssen, durch Keppler.

Johann Keppler, geb. 1571 am 27. Dec. im Dorfe Magstatt unfern der ehemaligen Reichsstadt Weil und gest. 15. Nov. 1630 (n. St.) zu Regensburg. Die Lebensverhältnisse dieses großen Mannes bieten ein unerfreuliches Gemälde dar, in welchem sich der zerrissene politische Zustand Deutschlands zu jener Zeit in trauriger Weise abspiegelt. Seine Erlebnisse bilden eine Kette von Bedrängnissen und Widerwärtigkeiten, die nur von wenig lichten Punkten unterbrochen wird.

Er stammte aus einem altadligen aber sehr zurückgekommenen Geschlechte von Kappel, und war der Sohn des Bürgermeisters Sebald Keppler zu Weil und der Katharine Guldenmann. Er war ein Siebenmonatskind, von schwächlichem Körper und von Jugend auf vielen Krankheiten

unterworfen. Ueberdies sah es zu Hause traurig aus. Der Vater war zurückgekommen, mußte Hab und Gut verkaufen und suchte sein Heil in Kriegsdiensten. Er ging nach Belgien, um unter Herzog Alba gegen die Holländer zu kämpfen, nahm die Mutter mit und ließ den kleinen Keppler bei den Großeltern. Zwar kehrten die Eltern nach einigen Jahren zurück, aber neue Unglücksfälle und der Unfriede, der zwischen beiden ausbrach, veranlaßten den Vater abermals in die Fremde zu gehen, und diesmal um nicht wiederzukehren. Er starb im Feldzuge der Oesterreicher gegen die Türken.

Unter solchen Umständen mußte der erste Unterricht des jungen Keppler sehr dürftig sein, zumal die Mutter eine ganz ungebildete Frau war, die weder lesen noch schreiben konnte, und auch keinen lobenswerthen Charakter besaß. So genoß denn auch wirklich Keppler in der Jugend einen weniger als mittelmäßigen Unterricht, der außerdem noch häufig durch Feldgeschäfte unterbrochen wurde. Seines schwächlichen Körpers wegen bestimmte man ihn zum geistlichen Stande, und brachte ihn 1586 in die Klosterschule zu Maulbronn. Von da kam er 1589 in das theologische Stift zu Tübingen, wo er auf öffentliche Kosten unterrichtet wurde. Hier hatte er das Glück in Michael Mästlin einen Lehrer zu finden, der nicht nur das schlummernde Genie für Mathematik und Astronomie in ihm erweckte, sondern auch zeitlebens sein treuester Freund und Gönner blieb.

Durch Mästlin's Empfehlung bekam Keppler von den steiermärkischen Ständen einen Ruf als Professor der Mathematik und Moral nach Graz. Hier ging es ihm anfangs auch ganz wohl, er schrieb daselbst seinen *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum*, Tub. 1596, die Schrift, welche ihn zuerst der gelehrten Welt als geistreichen Denker beurkundete, und ihn in Verbindung setzte sowohl mit Tycho als mit Galilei. Im J. 1597 verheirathete er sich auch daselbst mit einer jungen und vermögenden Wittwe, Barbara Müller von

Mühleck, allein dies häusliche Glück sollte nicht von langer Dauer sein.

Im J. 1598 trat nämlich der Erzherzog Ferdinand die Regierung der bis dahin vormundschaftlich verwalteten Steiermark an, und dieser von Jesuiten erzogene Fürst, der zu Loretto bei der heiligen Jungfrau geschworen hatte, den Protestantismus in seinem Lande mit der Wurzel auszureißen, war nicht sobald daselbst angekommen, als er auch schon die grausamsten Verfolgungen über die Protestanten ergehen ließ. Auch Keppler bekam den Befehl bei Todesstrafe innerhalb 24 Stunden das Land zu verlassen, und er hielt es demgemäß für gerathen nach der ungarischen Gränze zu flüchten. Zwar erhielt er bald hernach auf seine Vorstellungen Erlaubniß zur Rückkehr in das Land, allein seine Lage war hier unter den stets fortgesetzten Verfolgungen der Protestanten und dem, wie es scheint, heimlich an ihn gestellten Ansinnen zum Katholicismus überzugehen so drückend, daß er sich entschließen mußte, das Land für immer zu verlassen.

In dieser Bedrängniß wandte er sich an Tycho, der ihn auch aufforderte, nach Prag zu kommen, um mit ihm gemeinsame Studien zu treiben. Das herrische Betragen von Tycho und die zerrütteten Finanzen des Kaisers machten ihm in der ersten Zeit auch den Aufenthalt in Prag eben nicht angenehm. Er wurde zwar durch Tycho's Verwendung kaiserlicher Mathematikus dem Namen nach, war aber in Wahrheit nur Hülfsrechner von Tycho und zwar ohne Gehalt.

Glücklich für ihn starb aber Tycho schon am 24. Okt. (13. a. St.) 1601, und nun trat er als kaiserlicher Astronom in dessen Stelle. Allein auch in dieser Stellung hatte er mit beständigen Sorgen zu kämpfen. Bescheiden genug vom Kaiser Rudolph II. nur die Hälfte des von Tycho bezogenen Gehalts, statt 3000 nur 1500 Gulden zu fordern, hatte er dennoch den steten Kummer, daß ihm diese mäßige Summe nur theilweise und mit steten Unregelmäßigkeiten ausgezahlt wurde, so daß er oft in die bitterste Noth kam,

und seine Zuflucht dazu nehmen mußte Kalender mit Prognostika zu schreiben, wiewohl er die Astrologie gründlich verachtete.

Trotz dieser äußern Noth war er unablässig thätig für seine Wissenschaft, sowohl in Betreff der Berechnung astronomischer Tafeln, als auch der Anstellung von Beobachtungen und der Beschäftigung mit theoretischen Forschungen. So beobachtete er im J. 1607 den großen Kometen, der eine etwa 75jährige Umlaufzeit hat und später 1682, 1758 und 1835 wahrgenommen worden ist. Er hat darüber 1608 eine eigene Schrift herausgegeben, die freilich vieles enthält, was man heut zu Tage nicht schreiben würde, so hielt er u. A. die Bahn für grade. Im Uebrigen hat Keppler einige seiner sogleich zu besprechenden Haupt-Entdeckungen während seines Aufenthalts in Prag gemacht.

Hinsichtlich der astronomischen Tafeln muß ich bemerken, daß der nächste Zweck seiner Anstellung der war, die damals allgemein gebräuchlichen und als fehlerhaft bezeichneten Tafeln des Prof. Reinhold, die *Tabulae prutenicae* (s. § 65), durch neue und richtigere zu ersetzen. Nach Rudolph II. Tod 1612 bestätigte ihn Kaiser Matthias in seiner Stellung als Hofastronom, und in dieser Eigenschaft begleitete er seinen neuen Herrn auf den Reichstag zu Regensburg 1613, um dort mit zur Regulirung des Kalenderwesens beizutragen. Die Protestanten hatten sich nämlich geweigert, den 1582 von Papst Gregor XIII. verbesserten Kalender anzunehmen, weil sie glaubten, dies brächte ihrer Religion Gefahr. Keppler, obwohl selbst Protestant, suchte ihnen diese Furcht zu benehmen, aber leider vergebens, und es blieb bei der heillosen Verwirrung.

Kaiser Matthias war übrigens nicht besser bei Kasse als sein Vorgänger Rudolph, und so ließ er sich denn gern gefallen, daß sein Hofastronom die von den österreichischen Ständen ihm angebotene Professur am Gymnasium zu Linz annahm. Hier in Linz lebte nun Keppler 13 Jahre, keineswegs sorgenfrei, wie einige spätere Schriftsteller angegeben haben, sondern mannichfaltig gedrückt

von häuslichem und Familien-Unglück, wozu u. A. ein Hexenproceß gehört, der seiner Mutter gemacht war, und welcher ihn zwang nach Würtemberg zu gehen, um sie vor Gericht zu vertheidigen. Auch stete Sollicitationen um sein Gehalt als kaiserl. Hofastronom, welche Stelle er beibehalten hatte, spielten eben keine angenehme Beschäftigung in diesem Zeitraum.

Dennoch war sein Streben stets auf die Wissenschaft gerichtet. Er machte hier in Linz seine dritte große Entdeckung und vollendete endlich die astronomischen Tafeln, an denen er mit vielen Unterbrechungen fast ein Viertel-Jahrhundert gearbeitet hatte. Ferdinand II., der dem Kaiser Matthias 1619 auf dem Thron gefolgt war, schon als Herzog von Steiermark Keppler's Landesherr, bewilligte die Druckkosten, d. h. er wies 6000 Gulden auf die Kassen der Reichsstädte Nürnberg, Ulm und Memmingen an. Keppler präsentierte in Person die kaiserliche Anweisung, erhielt aber von dem reichen Nürnberg nichts und von den beiden andern Städten nur einen Theil.

Keppler gab dennoch die Tafeln zu Ulm in Druck, und benutzte diese Gelegenheit, um mit seiner Familie aus Linz fortzuziehen, da er sich wegen der unter Ferdinand's Herrschaft täglich mehr überhand nehmenden Verfolgungen der Protestanten nicht mehr für sicher hielt in Oesterreich. Indefs schuldete ihm der Kaiser noch immer 12000 Gulden, und Keppler durch die Noth getrieben ließ nicht ab seine Forderung unausgesetzt geltend zu machen. Um den lästigen Gläubiger loszuwerden setzte der Kaiser Keppler's Besoldung, sowie den Rückstand von 12000 Gulden, auf die Einkünfte des dem Wallenstein verliehenen Herzogthums Mecklenburg, und gab Keppler selbst in den Kauf mit obenein.

Wallenstein als ein Freund der Astronomie und noch mehr der Astrologie ließ sich dies gefallen, und berief Keppler zu sich nach Sagan in Schlesien, wo er damals residirte. Anfangs stellte sich das persönliche Verhältniß zwischen beiden ganz günstig. Als indefs Keppler mit

seiner Forderung hervor trat, und auf Bewilligung derselben drang, hatte Wallenstein taube Ohren, und suchte ihn mit einer wenig einträglichen Professur in Rostock abzuspeisen. Das wollte sich nun **Keppler** nicht gefallen lassen, und er machte sich daher im J. 1630 auf den Weg nach Regensburg, um dort auf dem Reichstage seine gerechten Ansprüche geltend zu machen. Auf der Reise dahin überfiel den schwachen vielfach gekränkten Mann eine Krankheit, der er endlich am 15. Nov. (n. St.) 1630 zu Regensburg unterlag.

Auf dem St. Peter's Gottesacker vor einem Thor an der Außenseite der Festungswerke fand **Keppler** seine Ruhestätte, aber keine bleibendere und sanftere, als er im Leben gefunden hatte; denn schon zwei Jahre nachher, als Herzog Bernhard von Sachsen-Weimar mit den Schweden Regensburg erstürmte, wurde das Grab durch die gesprengten Wälle so verschüttet, daß jede Spur von demselben verloren ging.

Erst die neuere Zeit erinnerte sich der Reliquien, die ein so unverdientes Schicksal gefunden hatten. **Carl v. Dalberg**, der gelehrte und humane Fürstprimas des Rheinbundes und zugleich Erzbischof von Regensburg, ließ **Keppler** im J. 1808 auf dem in anmuthige Gartenanlagen verwandelten Walle der Stadt ein schönes würdiges Denkmal setzen. — Schließlich sei noch das Epigramm von **Kästner**, welches **Keppler's** Verdienst und Schicksal so treffend bezeichnete, auch an dieser Stelle in Erinnerung gebracht:

So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen,
 Als **Keppler** stieg — und starb den Hungertod!
 Er wußte nur die Geister zu vergnügen,
 Drum ließen ihn die Körper ohne Brod!

69. **Keppler's** Leistungen in der Wissenschaft sind nicht nur groß, sondern auch vielseitig; sie haben zwar alle eine mathematische Richtung, sind aber doch ihrem Inhalte nach wesentlich verschieden, und man kann sie füglich in die astronomischen und optischen theilen. Es

sei hier zuerst die Rede von seinen astronomischen Verdiensten.

Keppler ward, wie überhaupt für die Astronomie, so speciell für die kopernikanische Lehre durch seinen Lehrer Mästlin gewonnen, der, wiewohl in seiner *Epitome astronomiae*, Tub. 1582 noch ein Anhänger des ptolemaeischen Systems, doch in seiner *Observatio et demonstratio cometarum aetherei*, Tubing. 1578 auch die kopernikanische Weltordnung lehrt (§ 65), und wie schon erwähnt durch eine in Italien gehaltene Rede den großen Galilei zum Anhänger dieser Lehre gemacht haben soll.

Den ersten öffentlichen Beweis, daß er ein Kopernikaner sei, legte Keppler in seiner Schrift ab: *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum*, Tubing. 1596, außer einem Kalender 1594 seine erste Schrift. Dieselbe liefert ein Zeugniß von seiner Neigung gleich den Pythagoräern zwischen den Erscheinungen der Körperwelt und den numerischen oder geometrischen Verhältnissen gewisse geheimnißvolle Beziehungen zu suchen. Um nämlich die Abstände zwischen den damals bekannten Planeten

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn zu erklären, denkt er sich sechs Kugeln, deren Durchmesser respektive die Abstände dieser Planeten von der Sonne vorstellen, in einander eingeschlossen und zwar von solcher Größe, daß in die fünf Zwischenräume die fünf regulären Körper

Oktaëder, Ikosaëder, Dodekaëder, Tetraëder, Kubus beschrieben werden können, und diese bezüglich mit ihren Ecken und Flächen je zwei benachbarte Kugelflächen außen und innen berühren. Die Durchmesser, die dann die Kugeln erhalten, sollen die relativen Abstände der Planeten von der Sonne vorstellen.

Die Hypothese, offenbar durch die Zahl der damals bekannten Planeten hervorgerufen, trifft übrigens nur beiläufig beim Jupiter und Saturn ein, und bedarf wohl keiner ausführlichen Widerlegung, indess verdient sie doch als

erster Versuch zur Lösung eines Problems, das selbst bis jetzt noch nicht erledigt ist, Anerkennung, und jedenfalls spricht sich in ihr schon die Richtung aus, die Keppler späterhin zu so großen Entdeckungen führte.

In neuerer Zeit sind mehrfache Versuche gemacht worden, in den Abständen der Planeten von der Sonne ein Gesetz zu entdecken; am bekanntesten darunter ist das, welches Titius (Tietz), ehemals Prof. der Physik zu Wittenberg, aufstellte, nämlich:

Merkur	4	=	4	Jupiter	4 + 16 . 3	=	52
Venus	4 + 1 . 3	=	7	Saturn	4 + 32 . 3	=	100
Erde	4 + 2 . 3	=	10	dazu			
Mars	4 + 4 . 3	=	16	Uranus	4 + 64 . 3	=	196.

Titius veröffentlichte dies Gesetz 1766 in einer Uebersetzung von Bonnet's Betrachtungen der Natur, und zwar anonym eingeschoben in den Text, dessen Original nichts davon enthält; erst in späteren Ausgaben steht es als Note bezeichnet mit T. Er machte dabei auf die Lücke zwischen Mars und Jupiter aufmerksam, glaubte aber, sie sei durch noch unentdeckte Monde von beiden Planeten ausgefüllt.

Schon früher gab der zu seiner Zeit berühmte Philosoph und Mathematiker Christian Freiherr v. Wolf (geb. 1679 zu Breslau, gest. 1754 zu Halle) in seinen *Vernünftige Gedanken von den Absichten der natürlichen Dinge, Halle 1724* folgende Reihe:

Merkur 4, Venus 7, Erde 10, Mars 15, Jupiter 52, Saturn 95,

doch ohne von der Lücke zwischen Mars und Jupiter zu reden, die indels vor Titius schon Lambert in seinen kosmolog. Briefen, Augsburg 1761 bemerkt, und der Hinwegführung eines Planeten zugeschrieben hatte. Von der Titius'schen Progression haben beide nichts, obwohl vermuthlich Wolf sie veranlaßt hat. Bode machte 1772 in der *Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels*, 2. Aufl., zuerst auf sie aufmerksam, und durch ihn wurde sie eigentlich allgemein bekannt.

Späterhin 1790 stellte Prof. Wurm eine verbesserte Progression auf:

				Abweichung.
Merkur	387	=	387	
Venus	387 + 1.293	=	680	— $\frac{1}{18}$
Erde	387 + 2.293	=	973	— $\frac{10}{83}$
Mars	- + 4. -	=	1559	+ $\frac{1}{40}$
Planet α	- + 8. -	=	2731	— $\frac{1}{96}$
Jupiter	- + 16. -	=	5075	— $\frac{1}{43}$
Saturn	- + 32. -	=	9763	+ $\frac{1}{40}$
Uranus	- + 64. -	=	19139	+ $\frac{1}{499}$

Da hierin zwischen Mars und Jupiter nicht nur ein noch unbekannter Planet angenommen ward, wie schon 1785 Zach gethan, sondern auch der für ihn berechnete Abstand ziemlich mit dem der 1801 von Piazzi entdeckten Ceres übereinstimmte, so gelangte diese Progression zu bedeutendem Ansehen. Allein dies wurde 1802 von Gauss sehr untergraben durch die Bemerkung, daß nach jener Progression zwischen Venus und Merkur unzählig viele Planeten liegen müßten entsprechend den Gliedern

$$4 + \frac{1}{2} \cdot 3, 4 + \frac{1}{2} \cdot 3, 4 + \frac{1}{2} \cdot 3 \dots$$

Späterhin hat Benzenberg noch ein anderes Gesetz aufzustellen gesucht, aber im Ganzen hat man dieses Problem fallen lassen, und einige Astronomen betrachten es als ein gar nicht zu ihrer Wissenschaft gehöriges.¹⁾

70. Der erwähnte Prodomus war der Vorläufer jener großen Entdeckungen, welche Keppler's Namen unsterblich gemacht haben, und welche noch heute fundamental für die Bewegungen der Planeten genannt werden müssen. Es sind die Entdeckungen folgender drei Gesetze:

1) Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

2) Die Zeiten, welche ein Planet gebraucht einzelne Bogen seiner Bahn zu durchlaufen, verhalten sich wie die zu dem Bogen gehörigen elliptischen Sektoren.

¹⁾ Gilb. Ann. XI, 482; XV, 169.

In gleichen Zeiten beschreibt also der von der Sonne nach dem Planeten gezogene Radius, der Radius vector, gleiche Flächenräume. Die Excentricität der Bahn bestimmte Keppler aus dem Verhältniß der größten und kleinsten Bewegung, und die entsprechenden Abstände verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln dieser Bewegungen. Sind α und β die vom Planeten beschriebenen Winkel, a und b die zugehörigen Abstände, so sind die Flächenräume $\frac{1}{2} a^2 \alpha$ und $\frac{1}{2} b^2 \beta$, und da diese in gleichen Zeiten einander gleich sind, so folgt $a : b = \sqrt{\beta} : \sqrt{\alpha}$.

3) Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der großen Axen ihrer Bahnen.

Man hat also, wenn t und t_1 die Umlaufszeiten, a und a_1 die großen Axen bezeichnen, $t^2 : t_1^2 = a^3 : a_1^3$.

Die Entdeckung dieser wichtigen Gesetze war nicht das Werk einer glücklichen Stunde, sondern die Frucht jahrelangen Nachdenkens und höchst mühsamer Berechnung der Beobachtungen, welche Tycho am Mars angestellt hatte, an demselben Planeten, der wegen der großen Veränderlichkeit seines Abstandes von der Erde bei seinem Umlauf um die Sonne, schon von Kopernikus und von Tycho als Beweis der Richtigkeit ihrer Systeme gebraucht worden war.

Keppler würde seine Entdeckungen, wenigstens die erste, welche die anderen nach sich zog, vielleicht nicht gemacht haben, wenn er nicht zufällig an die Beschäftigung mit dem Planeten Mars gerathen wäre, denn unter allen Planeten, den damals noch sehr unvollkommen beobachteten Merkur abgerechnet, hat Mars die größte Excentricität, und daher war es am leichtesten die elliptische Bewegung bei ihm aufzufinden.

Das erste und zweite Gesetz machte Keppler bekannt in seiner *Astronomia nova aetiologicalis s. physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis, Pragae 1609*. Auf das zweite Gesetz kam er wohl dadurch, daß man

im alten Systeme, wo man die Planeten in excentrischen Kreisen laufen ließ, die Bewegung derselben gleichförmig, also die Kreissektoren den Zeiten proportional annahm. Das dritte Gesetz divinirte er bereits am 8. März 1618, allein ein Rechnungsfehler machte, daß er seine Gedanken nicht bestätigt finden konnte. Doch schon am 15. Mai desselben Jahres hatte er bei einer Revision der Rechnung die Freude, das vermuthete Gesetz wirklich nachzuweisen; er machte es bekannt in der Schrift *Harmonices mundi libri V, Lincii 1619*.

Diese drei Gesetze, welche man seitdem mit Recht die Kepler'schen Gesetze nennt, machen noch heut die Basis der Theorie von der Planetenbewegung aus. Kepler fand sie auf, ehe die wichtigen Entdeckungen seines großen Zeitgenossen Galilei in Deutschland bekannt waren. Hätte er sie gekannt, so würde sein Genius ihn vielleicht noch einen Schritt weiter geführt haben zu dem höheren Gesetz, von welchem jene drei Gesetze nur Folgen sind, zu dem Gravitationsgesetz. Allein dies ward ihm nicht vergönnt, dies blieb Newton vorbehalten.

71. Kepler fühlte indeß sehr wohl, daß die drei von ihm entdeckten Gesetze noch etwas unbefriedigendes haben, daß sie die Frage unbeantwortet lassen, weshalb denn die Planeten sich nach diesen Gesetzen bewegen. Er bemühte sich vielfach darüber Aufschluß zu erlangen, und kam dabei in der That der Sache so nahe, daß man sich einigermaßen wundern kann, wie er auf halbem Wege stehen blieb. In seinem Werk über die Bewegungen des Planeten Mars 1609 äußerte er so richtige Ansichten über die Schwere, wie keiner seiner Vorgänger. Er definirt nicht nur, wie Kopernikus gethan, die Schwere als das Bestreben der Körper sich zu vereinigen, sondern erklärt auch die Ebbe und Fluth ganz richtig durch eine Anziehung des Mondes zum Wasser der Erde.

Unter Anderem sagt er, daß wenn zwei Steine außerhalb der Wirkung irgend eines Weltkörpers im Himmelsraum befindlich wären, sie sich gegeneinander bewegen

und an einem mittleren Ort zusammen treffen würden, an einem Ort, dessen Abstand von den ursprünglichen Orten der beiden Steine sich verhalten würde wie die Massen dieser Steine.

An einer anderen Stelle sagt er auch, daß die Anziehung der Weltkörper wie das Licht mit der Entfernung abnehme. Daß also die Weltkörper mit einer Gravitationskraft versehen seien, und aus dieser Gravitation eine geradlinige Bewegung derselben erfolgen könne und müsse, war Keppler einleuchtend, aber daß auch die Rotation der Planeten um die Sonne eine Wirkung der Schwere sei, diese große Wahrheit sah er noch nicht ein!

Es kann dies auch nicht wunderbar erscheinen, wenn man erwägt, daß zur Zeit als Keppler sich mit den Bewegungen der Planeten beschäftigte, noch nicht die allerersten Grundsätze der Mechanik aufgefunden waren. Unvermögend den Lauf der Planeten um die Sonne durch Wirkung einer Anziehungskraft zu erklären, glaubte daher Keppler, dieser Umlauf werde durch eine magnetische Kraft der Sonne bedingt, und zwar zunächst durch die Axendrehung der Sonne. Es ist ein merkwürdiger Zug seines Genies, daß er diese Axendrehung eher supponirte, als sie durch die Entdeckung der Sonnenflecke wirklich nachgewiesen war. Ja, was noch sonderbarer ist, er selbst, der die Sonnenrotation bloß supponirte, beobachtete dieselbe ohne es zu wissen. Er entdeckte nämlich vor der Erfindung der Fernröhre am 28. Mai 1607 (n. St.) einen Sonnenfleck und auch die Bewegung desselben, aber er hielt ihn für den Planeten Merkur.

Dennoch liegt in seiner Hypothese etwas Wahres. Die gleiche Richtung der Umlaufsbewegung und der Rotationsbewegung der Erde mit der Axendrehung der Sonne hat selbst Laplace veranlaßt zuzugeben, daß jene Bewegungen einst von dieser Drehung veranlaßt wurden. Nur zur Unterhaltung jener Bewegungen ist diese nicht erforderlich.

Die Idee von der Axendrehung der Sonne als Ursache des Umlaufs der Planeten behielt Keppler auch später bei,

und veranlaßte ihn zu dem in theoretischer Hinsicht ganz richtigen Vorschlag, den später Cassini wiederholte, die Aequatorebene der Sonne als feste Ebene zu betrachten, und auf sie die Ebenen aller übrigen Planetenbahnen zu beziehen. Der Vorschlag ist indess nicht praktisch, da sich die Aequatorebene der Sonne nicht so genau bestimmen läßt, wie die Ebene der Erdbahn. Keppler glaubte übrigens die Rotationsaxe der Sonne stehe senkrecht auf der Ekliptik, so daß nach ihm also die Aequatorebene der Sonne, *Ecliptica regia* von ihm genannt, mit der Erdbahn oder Ekliptik zusammen falle. Dies ist aber nicht der Fall, denn der Sonnenäquator neigt $7^{\circ} 30'$ gegen die Ekliptik.

Die Schwierigkeit, den Umlauf der Planeten um die Sonne durch Wirkung der Schwerkraft, oder eigentlich mit Hülfe derselben zu erklären, denn man braucht immer noch eine Tangentialkraft, veranlaßte Keppler in seinen späteren Schriften *Epitome astronomiae copernicanae*, *Lincii* 1618 und *Harmonices mundi libri V*, *ib.* 1619, seine früheren Ideen mehr in den Hintergrund zu stellen, und nur von der magnetischen Kraft der Sonne zu reden. Neuere Schriftsteller haben Keppler dieses Rückschrittes wegen getadelt, aber diese haben sich wohl nicht recht klar gemacht, wie schwer die Lösung des Problems der Planetenbewegung ist, wenn dazu erst die ganze Mechanik erschaffen werden muß.

So unrichtig wir Keppler's Ansichten jetzt auch halten müssen, so ist doch bemerkenswerth, daß sich darin der erste Keim eines Fundamentalsatzes der Mechanik vorfindet, nämlich des Satzes von der Trägheit der Materie, aber freilich nur zur Hälfte. Er stellte es nämlich als Princip hin, *daß ein ruhender Körper nicht von selbst in Bewegung gerathen könne*; die andere wichtigere Hälfte, *daß ein sich bewogender Körper auch nicht von selbst zur Ruhe gelangen oder die Richtung seiner Bewegung ändern könne*, diese kannte er noch nicht.

Durch die drei großen Gesetze, welche Keppler in der Bewegung der Planeten entdeckte, hat derselbe nicht

nur seinem eigenen Ruhm das unvergängliche Denkmal gesetzt, sondern auch die schlagendsten Gründe für die Richtigkeit des kopernikanischen Systems beigebracht. Es ist indess ein merkwürdiger Zug in der Geschichte dieses Theils der Physik, daß grade zu der Zeit, da das kopernikanische System durch Keppler sein wahres Fundament erhielt und von den Irrthümern befreit ward, mit denen es selbst sein Urheber noch hatte behaftet lassen, daß grade zu dieser Zeit, ums J. 1613, der Streit über die Richtigkeit dieses Systems in Italien entbrannte, ein Streit, der ebenso merkwürdig ist durch seine lange Dauer und die Personen, die darin verwickelt wurden, als durch die unwürdige Einmischung der Kirche. Doch davon mehr in der Folge!

Zu den ferneren Verdiensten Keppler's um die Astronomie gehört die Berechnung jener Tafeln, welche zu Ehren ihres Beförderers, des Kaisers Rudolph II., die rudolphinischen genannt wurden. Sie erschienen 1627 und machen Epoche in der Astronomie, da sie die ersten nach dem kopernikanischen System berechneten waren. Keppler arbeitete über ein Viertel-Jahrhundert an ihnen, und bezog sein Gehalt, oder vielmehr die Anweisung auf dasselbe, hauptsächlich zum Behufe der Berechnung dieser Tafeln.

Ueberhaupt enthalten die Werke Keppler's, von denen die gedruckten sich bis auf 30 belaufen, einen großen Reichthum von Betrachtungen und Bemerkungen über das Weltgebäude, die selbst da, wo sie irrthümlich sind, das Tiefe und Originelle ihres Urhebers nicht verläugnen. Es würde indess zu weit führen, die Einzelheiten derselben speciell auseinander zu legen.

72. Wenn Keppler's Name genannt wird, so denkt man dabei in der Regel nur an die glänzenden Entdeckungen, durch welche derselbe am Himmel verewigt worden ist, viel weniger ist hingegen bekannt, daß er sich auch hienieden ein Denkmal errichtet hat, um welches ihn mancher beneiden könnte. Keppler ist nämlich nicht bloß der Urheber jener seinen Namen führenden Gesetze, sondern

auch Begründer der Dioptrik, eines Zweiges der Physik, der, wenn er auch keinen Antheil an der Erfindung der Fernröhre gehabt hat, doch zur Verbesserung dieser Instrumente wesentlich beigetragen, ja ihre heutige Vollkommenheit allein möglich gemacht hat. Die Verdienste, welche sich Keppler in dieser Beziehung erworben, sind um so mehr hervorzuheben, als sie weder von der Mit- noch Nachwelt immer gehörig gewürdigt worden sind, namentlich in Vergleich zu den verwandten Leistungen seines großen Zeitgenossen Galilei.

Galilei wurde durch seine Beschäftigung mit der Optik allerdings zu wichtigen und glänzenden Entdeckungen geführt, aber er hatte sie ziemlich wohlfeilen Kaufs, und die Optik selbst ging leer dabei aus; Keppler's Arbeiten dagegen waren die Frucht eines mühsamen Studiums. Sie führten freilich nicht zu schimmernden Resultaten, aber sie erweiterten und berichtigten wesentlich die damaligen Kenntnisse vom Licht, gaben den ersten Impuls zum Fortschreiten einer Wissenschaft, deren theoretischer Theil seit Jahrhunderten stagnirt hatte. Jene brachten ihrem Urheber Ruhm und reichen Gewinn, diese dagegen trugen nichts dazu bei das Loos eines Mannes zu erleichtern, den selbst die größten Eroberungen am Himmel vor Mangel auf Erden nicht schützen konnten.

Schon seit 1602 beschäftigte sich Keppler mit der Optik, und zwei Jahre darauf 1604 gab er sein erstes Werk über diesen Gegenstand heraus. Es führt den Titel *Ad Vitellonem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, Francofurti 1604*. Die Fernröhre waren damals noch nicht erfunden, auch hatte Keppler nur einen annähernd richtigen Begriff vom Brechungsgesetz oder von dem Gesetz, nach welchem Lichtstrahlen aus ihrer Richtung abgelenkt werden, wenn sie aus einem Mittel in ein anderes übergehen, und dabei unter schieferm Winkel auf die Trennungsfläche beider stoßen. Er glaubte nämlich es sei

$$i = n i_1 + m \sec i_1,$$

worin i den Einfallswinkel, i_1 den Brechungswinkel be-

zeichnet. Die seit Ptolemaeus Zeit herrschende Meinung, daß das Verhältniß zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel konstant sei, erkannte er als unrichtig, und nur bei kleineren Einfallswinkeln einigermaßen zutreffend. Es schien ihm am zweckmäßigsten den gebrochenen Winkel aus zwei Theilen bestehend anzunehmen, von denen der eine, nämlich n , proportional dem Einfallswinkel, der andere von der Sekante des Brechungswinkels abhängig sei, die ihm am passendsten den Gang der Erscheinungen ausdrückte.

73. Obwohl er selbst in dieser Formel noch nicht das wahre Brechungsgesetz ausgesprochen fand, sondern nur eine Annäherung an dasselbe darin sah, so stellte er trotzdem die Grundzüge einer richtigen Theorie des Sehens auf. Er zeigte nämlich:

daß von jedem leuchtenden oder erleuchteten Körper, wenn er nur nicht das Licht regelmäßig reflektirt, nach allen Richtungen Lichtstrahlen aussendet, daß demnach von jedem Punkt eines gesehenen Körpers nicht bloß ein einzelner Strahl ins Auge gelange, wie Maurolykus und Porta glaubten, sondern ein ganzer Strahlenkegel, dessen Basis die Pupille sei;

daß dieser Strahlenkegel durch die Brechung in der Krystalllinse des Auges in einem Punkt vereinigt werde, und zwar in einem Punkt auf der Netzhaut;

daß dies von dem Strahlenkegel eines jeden Punktes gelte, und daß sonach auf der Netzhaut ein förmliches Bild von dem gesehenen Gegenstand zu Stande komme, und dies ein umgekehrtes sei. Als Grund, weshalb wir trotz dieses umgekehrten Bildes die Gegenstände aufrecht sehen, dachte er sich den Eindruck des Lichts als einen Stofs auf die Netzhaut und nahm an, die Seele versetze die Ursache des Stosses in die Richtung, aus welcher derselbe kommt. Indem er also die Netzhaut zum Sitz des Sehens machte, und nicht die Krystalllinse wie Porta, vervollkommnete er den Beweis von der Aehnlichkeit des Auges mit der Camera obscura, einen Beweis, den Porta angefangen aber fehler-

haft durchgeführt, und nicht vollendet hatte. Porta hielt die Pupille für das Loch der Camera obsco. und die Kryptallinse für die Tafel, mit welcher das Bild aufgefangen wird, er scheint also nichts von Maurelykus gewußt zu haben, der die Empfindung des Sehens wenigstens hinter die Linse verlegte.

Keppler erklärte auch die Kurzsichtigkeit und Fernsichtigkeit der Augen und die Art, wie konkave Gläser die erstere, und konvexe die letztere verbessern, indem er zeigte, daß bei den Fernsichtigen die Bilder hinter der Netzhaut, bei Kurzsichtigen vor derselben zu Stande kommen, durch die betreffenden Linsen aber auf die Netzhaut gebracht werden. Die Lösung dieser Aufgabe kostete ihm seiner eigenen Angabe nach drei Jahre Zeit, ein Beweis, wie schwierig die Auffindung von Dingen ist, deren Erlernung keine sonderliche Mühe macht.

Darauf gründete er eine Erklärung der Fähigkeit des Auges innerhalb gewisser Gränzen in mehr als einer Entfernung deutlich zu sehen, oder der Fähigkeit desselben sich nach der Entfernung zu ajustiren. Er glaubte, daß das Auge durch den processus oiliaris für zu nahe Gegenstände verlängert werde und umgekehrt.

Ferner ist in diesem Werke zuerst ein Hauptsatz der Photometrie ausgesprochen, nämlich daß das Licht abnehme, wie er sich ausdrückt, im umgekehrten Verhältniß der auffangenden Flächen.

Neben so vielem Trefflichen wird man es gern übersehen, daß das Werk auch manche Schwächen und Irrthümer enthält. Dahin gehört die Ansicht, daß die Farben aus den verschiedenen Graden der Durchsichtigkeit und Dichte der Medien entstehen, und daß die Brechung ihre Ursache in dem Widerstand der dichterem Mittel habe, was schon von Harriot¹⁾ widerlegt wurde, welcher fand, daß Oliven-, Terpentin- und Steinöl das Licht stärker

¹⁾ Epist. ad Keplerum scriptae, ed. Hanschii, 233; 1606. — Wilde, Gesch. d. Optik I, 190.

brechen als Essig, Wein, Weingeist und Salzwasser, obwohl diese eine größere Dichtigkeit haben als jene.

Ebenso unbefriedigend ist die Erklärung Keppler's über die Irradiation. Tycho hatte bemerkt, daß die schwarze Scheibe, welche der Mond bei Sonnenfinsternissen vor der Sonne bildet, merklich kleiner ist als der Vollmond. Auch hatte Keppler 1603 bei einer Mondfinsternis beobachtet, daß die erleuchtete Sichel scheinbar einem größeren äußeren Durchmesser angehöre als die dunkle Scheibe. Dies gab Keppler Veranlassung über die Sache nachzudenken. Seiner Meinung nach rührt die Irradiation davon her, daß von so entfernten Gegenständen die Strahlen eines Punktes sich nicht wieder auf der Netzhaut vereinigen können, sondern kleine Scheiben bilden, daher sei die Irradiation auch verschieden nach den Augen.

Richtiger, wenigstens bis zu einem gewissen Grade und jedenfalls richtiger als Tycho, urtheilte Keppler über die astronomische Strahlenbrechung. Tycho glaubte, sie sei verschieden nach der Entfernung der Himmelskörper, höre z. B. auf für Sterne in 20° Höhe, für den Mond in 43° , für die Sonne in 45° . Keppler zeigte jedoch, daß die Verschiedenheit der Entfernungen nichts mit der astronomischen Strahlenbrechung zu thun habe, daß sie für alle gleich sei, und für alle gleichmäßig mit der Höhe abnehme. Er setzte den Grund derselben in die Brechung des Lichts in der dichteren Atmosphäre, irrte indess darin, daß er diese Dichtigkeit in allen Höhen gleich stark annahm.

74. Die Erfindung der Fernröhre gab Keppler Veranlassung seine zeitweilig unterbrochenen Arbeiten im Gebiet der Optik wieder aufzunehmen, und sie in seiner *Dioptrice*, August. Vind. 1611 bekannt zu machen, einem Werke von nur wenigen Bogen, 79 Quartseiten, das aber dennoch bis Newton eins der wichtigsten ist. Keppler bemüht sich darin eine Theorie der Fernröhre zu geben, woran bis dahin noch Niemand gedacht hatte, selbst Galilei nicht. Zu dem Ende suchte er zunächst das Brechungsgesetz für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas zu ermitteln.

Er bediente sich dazu eines Werkzeugs von seiner Erfindung, welches er anaklastisches Instrument nannte. Dasselbe besteht aus zwei rechtwinklig mit einander verbundenen Brettchen, von denen das eine länger ist als das andere, und wagerecht hingelegt wird. In den Winkel beider schiebt man einen Glaswürfel, welcher mit dem senkrechten kürzeren Brettchen gleiche Höhe hat, aber nicht so breit ist wie dieses. Stellt man diese Vorrichtung nun so gegen die Sonne, daß das senkrechte Brettchen von ihr beschienen wird, und der Schatten vollständig auf das wagerechte fällt, so werden die den oberen Rand treffenden Strahlen theils durch die Luft theils durch das Glas nach dem unteren Brett gehen. Die ersten setzen ihren Weg einfach fort, die andern werden in dem Glaswürfel gebrochen; die Schattengränzen in Luft und Glas fallen nicht zusammen, trennen sich vielmehr oft bedeutend, und gestatten leicht Einfalls- und Brechungswinkel miteinander zu vergleichen.

Es glückte indeß Keppler nicht das wichtige Gesetz aufzufinden, was bei einem Manne von seinem Scharfsinn wirklich auffallend ist, zumal bei dem Gebrauch eines Apparats, wo man glauben sollte, es hätte sich von selbst darbieten müssen. Er kam nur zu dem Resultat, daß wenn der Einfallswinkel nicht größer ist als 30° (vergl. § 72) $i = ni$, und für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas $n = \frac{3}{2}$ sei.

Dies ist nun zwar nicht das richtige Gesetz, aber es reicht für die ersten Umriss einer Theorie der Fernröhre vollkommen aus, da in keinem Fernrohr der Einfallswinkel $i = 30^\circ$ wird. Da nun auch der Werth von n ziemlich richtig ist, so konnte es geschehen, daß Keppler mit dem mangelhaften Gesetz dennoch die Grundzüge dieser Theorie richtig aufstellte.

Mit dem von ihm gefundenen Gesetz $i = ni$, machte er nun den ersten Versuch den Brennpunkt von Glaslinsen zu bestimmen, d. h. den Punkt, in welchem alle parallel mit der Axe der Linse auffallenden Strahlen nach ihrem Durchgang durch die Linse sich vereinigen. Keppler-

ler ging dabei ganz systematisch und streng zu Werke, indem er die Brechung des Lichts an jeder Fläche der Linse einzeln untersuchte, und zwar nicht wie seine Vorgänger in der unrichtigen Voraussetzung, daß bloß ein Strahl von jedem Punkt des Gegenstandes ausgeht, sondern in der richtigen, daß jeder Punkt einen ganzen Kegel aussendet.

Es gelang indess Keppler nicht die Aufgabe in ihrer ganzen Allgemeinheit zu lösen; er bestimmte den Brennpunkt nur für zwei Linsen, für die plankonvexe und für die gleichseitig bikonvexe. Bezeichnet r den Halbmesser der Linsenoberfläche und f die Brennweite, so fand er für die plankonvexe Linse $f = 2r$, und für die gleichseitig bikonvexe $f = r$, auch entdeckte er die Eigenschaft der letzteren, daß wenn ein Gegenstand sich in der Entfernung $2r$ vor der Linse befindet, das Bild desselben in der gleichen Entfernung auf der anderen Seite entsteht.

Eine vollständige Lösung des Problems der Brennweiten, d. h. der Vereinigungspunkte parallel auffallender Strahlen für alle Linsen gab später Cavalieri. Isaac Barrow fand dann die Vereinigungspunkte auch für nicht parallele Strahlen, und Halley stellte endlich eine bequeme Formel für die Vereinigungsweiten bei allen sphärischen Linsen und Spiegeln auf. Gegenwärtig beantwortet man alle Fragen über die Erscheinungen bei Linsen sehr leicht mit Hülfe der einen Formel

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right),$$

worin a die Objektweite, a' die Bildweite, n den Brechungsexponenten und r, r' die Halbmesser der Linsenflächen bedeuten.

Uebrigens darf nicht unerwähnt bleiben, daß Keppler schon in seinen *Paralip.* die Abweichung wegen der Kugelgestalt bei Linsen bemerkte, was bei der Kugel bereits von Maurolykus geschehen war. Die Abweichung besteht bekanntlich darin, daß die durch den Rand der Linse gegangenen Strahlen nicht genau mit den aus der Mitte

kommenden zusammen treffen, wodurch das Bild an Schärfe verliert. Keppler schlug daher Linsen von hyperbolischer Gestalt vor, welche diesen Fehler verhüten; der Gedanke ist also nicht von *Descartes* zuerst ausgesprochen.

Bis zu Keppler's Dioptrik 1611 kannte man kein anderes Fernrohr als das holländische oder galileische, bestehend aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular. Mit einem solchen Fernrohr wurden in den ersten Jahren alle Entdeckungen am Himmel gemacht. Keppler brach auch hier die Bahn, indem er zeigte, daß sich auch durch Verbindung zweier konvexen Gläser; nämlich eines konvexen Objektivs und eines ebensolchen Okulars, ein brauchbares Fernrohr darstellen lasse, das sogar wesentliche Vorzüge vor dem holländischen besitzt, wie dies weiterhin in der Geschichte der Fernröhre erörtert ist. Es stellt zwar die Bilder umgekehrt dar; das ist aber für Gegenstände am Himmel kein sonderlicher Nachtheil, und da es sich zu deren Beobachtung ganz besonders eignet, so wird es auch astronomisches Fernrohr genannt. Noch verdient bemerkt zu werden, daß Keppler bereits 1810 die Nothwendigkeit erkannte, die Röhren nach den Augen verschiebbar zu machen (§ 84).

Keppler gab außerdem noch drei Fernröhre an, die zwar von minderer Bedeutung sind, aber doch zeigen, wie viel er über die Kombination der Linsen nachdachte. Es waren dies ein Fernrohr 1) mit einem konvexen Objektiv und zwei konkaven Okularen; 2) mit einem konvexen Objektiv und zwei konvexen Okularen; 3) mit zwei konvexen Objektiven und einem konvexen Okular.

Von No. 1 zeigte er, daß es zwar etwas länger sei als das holländische, dafür aber den Vortheil darbiete, daß es die Gegenstände fast in doppelter GröÙe darstelle als jenes. — No. 2 erdachte er, um die Umkehrung der Bilder bei dem astronomischen Fernrohr wieder aufzuheben, was indeß kein erheblicher Vorzug ist. — No. 3 schlug er vor, weil dadurch das Rohr nahe um die Hälfte kürzer werde.

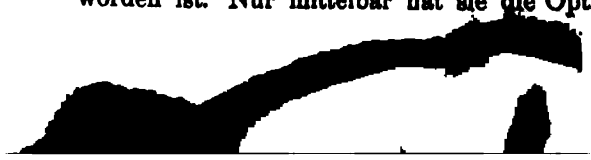
Dies sind außer einigen Arbeiten über die astronomische Strahlenbrechung die hauptsächlichsten Leistungen Keppler's in der Optik. Wenn man sie vergleicht mit dem, was seine Vorgänger ihm überlieferten, so muß man gestehen, daß sie wesentlich dazu beigetragen haben, die Kenntnisse vom Sehen, der Wirkung der Linsen und Fernröhre zu berichtigen und zu erweitern, und daß sie ihrem Urheber das vollste Anrecht auf den Namen des Begründers der Dioptrik verleihen.

Geschichte der Fernröhre.

75. Bevor wir zu der weiteren Entwicklung der Optik übergehen, haben wir noch die Geschichte einer Erfindung zu betrachten, die nicht nur auf die Leistungen Keppler's von bedeutendem Einfluß war, sondern auch überhaupt wegen der großen Dienste, welche sie theils den Wissenschaften, theils dem Leben geleistet hat und noch fortdauernd leistet, unstreitig als eine der wichtigsten im ganzen Bereich der Optik angesehen werden muß, die Geschichte der Erfindung der Fernröhre und Mikroskope.

Indem ich hier die Wichtigkeit dieser Erfindung hervorhebe, muß ich jedoch sogleich einer möglichen Mißdeutung vorbeugen. Den außerordentlichen Nutzen der Fernröhre und Mikroskope heutigen Tages noch besonders auseinander setzen zu wollen, würde wohl ein ziemlich überflüssiges Unternehmen sein. Ohne Fernröhre wäre ja die Astronomie in der Kindheit geblieben, und ebenso würde die Physik viel weniger auf den Namen einer exakten Wissenschaft Anspruch machen können, wenn ihr die feinen Meßwerkzeuge abgingen, welche ohne Hülfe der Fernröhre und Mikroskope nicht darstellbar sind.

Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet kann man die Erfindung der beiden genannten Instrumente nicht hoch genug anschlagen; allein wenn man abwägt, in wie fern diese Erfindung unsere Einsicht in die Natur des Lichts gefördert habe, so muß man bekennen, daß sie überschätzt worden ist. Nur mittelbar hat sie die Optik erweitert, nur



durch den Gebrauch, den man von Fernröhren und Mikroskopen gemacht hat; aus diesen Instrumenten selbst hat die Optik nichts eigentlich Neues gelernt, wenigstens keine neue Eigenschaft des Lichts, welche nicht ohne sie aufgefunden ist, oder aufzufinden gewesen wäre.

Die Wirkungen der Fernröhre sind einfache Korollare aus dem Gesetz der Brechung des Lichts, und wiewohl sie dazu anregten, die speciellen Folgerungen aus diesem Gesetz näher zu entwickeln, so hat man dabei doch über die Lichtbrechung nichts gelernt, was man nicht schon an einem Prisma oder einer einfachen Linse von Glas hätte ermitteln können.

Diese Bemerkung glaubte ich voranschicken zu müssen, weil die Geschichte der Physik unlängbar auch die Aufgabe hat, den Werth der Erfindungen und Entdeckungen gegeneinander abzuwägen und weil man, freilich früher mehr als jetzt, die Erfindung der Fernröhre und Mikroskope wegen ihrer Nützlichkeit höher gestellt hat als andere, die doch in der That für die Kenntniss des Lichts von weit größerer Wichtigkeit sind, z. B. die Entdeckung der Inflexion, der doppelten Strahlenbrechung, der Polarisation und der Interferenz, Entdeckungen, deren erste Keime alle noch in das XVII. Jahrhundert fallen.

Diese ihrer Unscheinbarkeit und Räthselhaftigkeit wegen lange Zeit unbeachteten Erscheinungen, deren Entdeckung am großen Publikum ebenso spurlos vorübergingen, wie an der Mehrzahl der Physiker des XVII. und XVIII. Jahrhunderts, diese sind es, welche unsere Einsicht in die Natur des Lichts wahrhaft erweitert, die Optik eigentlich erst zur Wissenschaft gemacht haben, und sie müssen daher, wie hoch man auch die Erfindung der Fernröhre und Mikroskope anschlagen mag, immer noch über dieselbe gesetzt werden.

Dies ist wenigstens das Urtheil, welches wir heut zu Tage über die Erfindung dieser optischen Werkzeuge fällen müssen, wenn wir ihr Verhältniss zu anderen Entdeckungen und Erfindungen in der Physik unpartheiisch feststellen

wollen. Anders mußte sie freilich den Zeitgenossen erscheinen, und aus guten Gründen. Einmal war bis dahin wirklich noch keine Erfindung in der Optik gemacht, die sich an Wichtigkeit mit der der Fernröhre hätte messen können, und dann war es ihnen auch nicht zu verargen, daß sie ein Instrument, welches schon in seiner unvollkommenen Gestalt bei seiner ersten Anwendung ganz neue Welten am Himmel aufschloß, als das höchste priesen, was die Erfindungskraft des Menschen hervorgebracht habe.

Wenn eine Erfindung zur Zeit, wo sie gemacht wird, unbeachtet bleibt oder für zu gering gehalten wird, so geschieht es nicht gar selten, daß der Name des Urhebers verloren geht, Zeit und Ort seines geistigen Erzeugnisses unbekannt bleiben. Ebenso häufig aber findet ein solcher Verlust statt, wenn die Wichtigkeit der Erfindung Jedermann sogleich in die Augen springt, wenn nationale oder persönliche Eifersucht sich einmischen, oder wenn gar ein bedeutender pekuniärer Gewinn davon zu hoffen ist.

Statt eines Erfinders haben wir dann sogleich mehrere, die ihre wahren oder vermeintlichen Ansprüche auf die Ehre der ersten Idee oder ersten Ausführung oft mit scheinbar gleichen Beweisgründen geltend zu machen suchen, und es ist dann eine schwierige Aufgabe für den Geschichtsforscher, zu entscheiden, wem von Allen der Kranz gebühre. So ist es auch mit der Erfindung der Fernröhre ergangen. Nicht weniger als drei Nationen streiten sich um die Ehre, den Erfinder des Fernrohrs zu den ihrigen zählen zu können, nämlich Engländer, Italiener und Holländer, und unter den letzteren sind es wiederum drei Personen, die gleiche Ansprüche zu haben vermeinen.

Es fehlt nur noch, daß auch die Chinesen hier als Mitbewerber auftreten. In der großen japanischen Encyclopädie *wa-kan-san-sai-tsou-ye* sieht man abgebildet den Jupiter, begleitet von zwei kleinen Körpern, und darunter stehend die Worte: *Es giebt daneben (neben dem Jupiter) zwei kleine Sterne, die wie abhängig von ihm sind.* Dies findet sich in der japanischen Ausgabe, die jünger als 1713

ist; in der älteren von 1609, die in China erschienen ist, findet sich nichts dem Aehnliches. Die Ausgabe von 1718 verräth keinen europäischen Einfluß, denn man sieht darin das Kaninchen Reis im Monde zerstampfend, die 9 Wege, die der Mond befolgt und die 9 Himmel, in deren Mitte die Erde liegt.

76. Die Engländer berufen sich zunächst auf die Andeutungen, die man in dem *Opus majus* 1267 von R. Baco über das Fernrohr findet. Diese Andeutungen sind allerdings beachtenswerth; allein wenn man sie unpartheiisch prüft, so ist das Höchste, was sich für R. Baco in Anspruch nehmen läßt, die Ehre, die Möglichkeit der Konstruktion der Fernröhre eingesehen zu haben. An keiner Stelle sagt er, daß er wirklich Fernröhre vor sich gehabt oder gar selber verfertigt habe; er spricht immer nur von können. An einer anderen Stelle wird ihm in den Mund gelegt, er habe gesagt, Julius Caesar hätte von den Küsten Galliens aus die britannischen Häfen und Städte durch aufgerichtete Spiegel betrachtet, und in seinem Buche *De perspectivis*, wovon sich das Manuskript in Oxford befindet, soll er sogar sagen, Caesar habe die britischen Küsten durch ein aufgerichtetes Rohr betrachtet.

Was die erste Stelle betrifft, so waltet dabei, wie schon Rob. Smith bemerkt hat, ein Mißverständniß ob, indem man *speculae*, Warten mit *specula*, Spiegel verwechselte; und auf den Grund der zweiten Stelle wird wohl Niemand den Julius Caesar im Ernst für den Erfinder der Fernröhre ausgeben wollen. Aus verschiedenen Nachrichten scheint hervorzugehen, daß man schon frühzeitig bei der Beobachtung der Gestirne offene Röhren zur Abhaltung der Seitenstrahlen angewandt habe, die möglicherweise zu irrigen Deutungen führten.

So berichtet Ditmar, Bischof von Merseburg, gest. im Anfange des XI. Jahrhunderts in seinem *Chronicon Martisburgense*, es habe Gerbert, der nachmalige Papst Sylvester II. durch ein Rohr Sterne beobachtet. Ferner soll, wie Cysatus in seinem Werk über den Kometen von 1618 sagt, im

Kloster Scheyern, in der Diöcese Freising, eine mit dem Jahre 1096 beginnende Chronik von einem Mönch Konrad sein, in welcher ein Astronom abgebildet ist, der durch ein Rohr den Himmel betrachtet. Der berühmte Benediktiner Mabillon hat auf seiner Reise in Deutschland 1683 diese Chronik und das Bild gesehen und erzählt, es stelle letzteres den Ptolemaeus dar, welcher durch ein fernrohr-ähnliches Instrument nach dem Himmel sieht. Diese Röhren sind höchst wahrscheinlich leer gewesen, denn hätten sie Gläser gehabt, so würde dies sicher wohl angegeben sein.¹⁾

Aus dem Allen geht hervor, daß die erwähnten beiden Stellen bei R. Baco nicht den mindesten Beweis dafür abgeben, daß er schon Fernröhre gekannt habe.

Uebrigens ist man in der Deutung von Aeußerungen, durch welche die Erfindung der Fernröhre als eine sehr alte hingestellt werden soll, mitunter erstaunlich weit gegangen. Wenn Diodorus Siculus erzählt, es sei eine Insel den Celten gegenüber nach dem Nordpol hin (Britannien), wo man den Mond so nahe sehe, daß man Berge wie auf der Erde darauf erkennen könne, so soll darin eine Kenntniß vom Fernrohr angedeutet sein. Ein sehr gelehrter Mann aus dem XVII. Jahrhundert Arias Montanus hat die Erfindung der Fernröhre gar bis in die Zeiten unseres Heilandes hinausgesetzt, indem er aus der Stelle Matthäus 4, v. 8: *Da führte ihn der Teufel mit sich auf einen hohen Berg und zeigte ihm alle Reiche der Welt und ihre Herrlichkeit*, den Schluß zieht, daß dies nur mittelst eines Teleskops geschehen sein könne, welches der Teufel erfunden habe.

Bestimmter lauten die Ansprüche, welche die Engländer für ihren Landsmann Leonard Diggs erheben, welcher ums J. 1573 gestorben ist und bei Bristol lebte. Dieser hat 1571 eine Pantometrie herausgegeben, von welcher sein Sohn Thomas Diggs 1591 eine zweite Ausgabe besorgte. In der Vorrede zu dieser zweiten Auflage sagt nun der

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 141.

Sohn, der Vater sei durch praktische Beschäftigung mit dem Gegenstand und durch mathematische Demonstrationen dahin gelangt, Gläser so zu verbinden, daß man damit ferne Gegenstände sehen könne. Im 21. Kapitel des Buchs setzt L. Diggs selbst die Wirkung einer Kombination von konkaven und konvexen Gläsern näher auseinander.

Ein neuerer ausgezeichnete Physiker Brewster, der die Optik mit so vielen wichtigen Thatsachen bereichert hat, freilich aber als Geschichtsschreiber da, wo das Interesse seiner Landsleute mit ins Spiel kommt, selten ganz unbefangen und gerecht urtheilt, steht nicht an, auf obige Angabe hin dem L. Diggs einen Anthell an der Erfindung der Fernröhre beizulegen und überhaupt anzunehmen, daß die Wirkung einer Linsenkombination als ein Experiment lange bekannt gewesen sei, ehe man sie zu einem Instrument umgeschaffen hat.¹⁾

Es ist indess zu bemerken, daß Rob. Hooke, ein sehr bedeutender Physiker und Zeitgenosse Newton's, der zuerst auf das Werk von Diggs aufmerksam machte, doch der Ansicht ist, derselbe habe aus Porta geschöpft. Allein diese Ansicht wird unhaltbar, wenn man bedenkt, daß die 2. Ausgabe von Porta's Magie, in welcher von Linsenkombination die Rede ist, erst 1589 erschien; auch darf nicht übersehen werden, daß bei Diggs an den betreffenden Stellen von der Einstellung der Gläser (glasses) unter gehörige Winkel die Rede ist, so daß es scheint, er habe gar nicht von Glaslinsen, sondern von Glasspiegeln gesprochen, und als handle es sich um Reflektoren.

77. Wenn man halb verbürgten Nachrichten trauen darf, so wären überhaupt die Spiegelteleskope, die Reflektoren, deren Erfindung man gewöhnlich für eine spätere als die der Fernröhre oder Refraktoren hält, doch weit früher als diese bekannt gewesen, was in so fern nicht ganz unglaublich sein würde, als bekanntermaßen Hohlspiegel, d. i. Brenn-

¹⁾ Brewster, Optics S. 466, 468: London 1831.

spiegel von Metall, viel eher in einer gewissen Vollkommenheit dargestellt wurden als Glaslinsen.

Zu diesen Nachrichten gehört eine sehr verbreitete muselmännische Sage, daß auf dem Leuchtturm von Alexandrien ein großer Spiegel vorhanden war, mittelst dessen man die Schiffe aus den Häfen Griechenlands konnte auslaufen sehen. Das klingt fabelhaft und ist jedenfalls eine Uebertreibung, aber etwas muß an der Sache sein, denn sie wird von mehreren arabischen Schriftstellern berichtet und der Spiegel sogar beschrieben von Hafez, Abdallatif, Massudi u. s. w., selbst von Benjamin von Tudela; Abulfeda giebt sogar an, der Spiegel sei von chinesischem Metall verfertigt gewesen.¹⁾

Eine ähnliche Nachricht hat uns der gelehrte Italiener Burattini in einem Brief an den französischen Astronomen Boulliau aufbewahrt. In diesem Brief, der freilich erst vom J. 1672 datirt, als schon die Spiegelteleskope offenkundig erfunden waren, schreibt er, daß sich zu Ragusa auf einem Thurm ein solches Instrument befunden habe und noch befinde, mittelst dessen man Schiffe in der Entfernung von 25—30 Migl. sehen könne, daß ein eigener Wächter dabei angestellt sei, und daß man die Konstruktion des Instruments von Archimedes herleite.

Wir müssen es dahin gestellt sein lassen, wieviel Wahres an dieser Nachricht sei, da neuere Nachforschungen nichts über das Schicksal des ragusanischen Spiegels haben ermitteln können.²⁾ Dagegen ist unbezweifelt, daß die Italiener die ältesten Ansprüche auf die Erfindung der ersten Linsenkombination haben.

78. Der schon erwähnte Fracastoro (§ 57) sagt in seinem Werk *Homocentricorum seu de stellis liber unus, Venet. 1538*, daß man durch zwei übereinander gelegte Glaslinsen die Gegenstände weit größer und näher sehe als durch eine, deutlicher noch drückt sich Giambattista

¹⁾ Libri, Hist. des sciences math. en Italie I, 215, 229.

²⁾ Libri, ibid. I, 217.

Porta aus in seiner *Magia naturalis*, wohl nur in der Ausgabe von 1589, und wenn selbst in der von 1558, doch immer später als **Fracastoro**. Er sagt: Durch ein Hohlglas sieht man entfernte Gegenstände deutlich, durch ein erhabenes betrachtet man nahe liegende. Weis man beide gehörig zu kombiniren, so wird man sowohl nahe als ferne Gegenstände grösser und deutlicher sehen. Ich habe dadurch vielen Freunden, die schlechte Augen haben, grosse Dienste geleistet, und sie in den Stand gesetzt sehr deutlich zu sehen.

Schon aus dieser Aeufserung ersieht man, daß **Porta's** Linsenkombination nur eine Art Brille, allenfalls eine Art Operngucker von etwa zweimaliger Vergrößerung war, und gewis kombinirte er auch nur gewöhnliche Brillengläser. Hätte er Linsen von grösserer Brennweite kombinirt, hätte er ein wirkliches Fernrohr dargestellt, so würde er es sicher nicht verschwiegen haben. Die Wirkungen eines einigermaßen kräftigen Fernrohrs sind für den, welcher sie zum ersten Male kennen lernt, so überraschend, daß sie wohl jeden die Zunge lösen werden, und **Porta** gehörte nicht zu denen, die ihr Licht unter den Scheffel stellten. Es ist unmöglich zu glauben, daß er nicht wenigstens den Mond betrachtet haben sollte, und dann würde er sicher nicht geschwiegen haben.

Wenn indeß **Porta** selbst auch keinen direkten Antheil an der Erfindung des Fernrohrs hat, so wäre es doch möglich, daß er sie indirekt hervorrief. **Porta's** Werke wurden zu ihrer Zeit viel gelesen, gingen durch ganz Europa, und wohl könnte es sein, daß einer über die erwähnte Stelle nachgedacht, den leicht anzustellenden Versuch wiederholt und vervollkommen hätte.

So kannte **Keppler** den Versuch von **Porta** und berichtet uns, der Kaiser Rudolph habe ihn gefragt, was er davon denke. **Keppler** hielt den Versuch für unmöglich, war indeß doch der Meinung die Beschreibung desselben, so wie andererseits die vielen Zeichnungen, die er selbst in seinen *Paralipomenis* von Konkav- und Konvexgläsern

gegeben habe, hätten zu der Erfindung des Fernrohrs beigetragen. Doch ist dies nur eine Vermuthung. Was überhaupt die Erfindung veranlafste, darüber sind die Meinungen getheilt. Einige der neueren Naturforscher glauben, daß wenn auch Baco und Porta nicht die Fernröhre erfanden, doch die optischen Kenntnisse zu Anfang des XVII. Jahrhunderts denjenigen Grad von Reife besaßen, wo diese Erfindung, wie die des Mikroskops, unvermeidlich war. Von der Voraussetzung ausgehend, daß keine Person sich mit entschiedener Gewißheit als Erfinder bezeichnen lasse, glauben sie, es wären gleichzeitig mehrere Personen unabhängig von einander auf die erste rohe Kombination von Linsen verfallen, und diese erste rohe Zusammenstellung hätte sich in verschiedenen Händen so stufenweise und langsam vervollkommenet, daß man zuletzt, als ein wirkliches Fernrohr zu Stande gebracht worden, nicht mehr recht zu entscheiden vermochte, wer den Hauptantheil an dem Werk gehabt, und wem folglich die Ehre der Erfindung eigentlich zuzuschreiben sei.

Gewiß ist dies im Allgemeinen die Geschichte mancher Erfindung, besonders derer, die auf praktischem Boden entsprungen sind, ob sie aber auch darum die des Fernrohrs sei, ist doch noch zweifelhaft. Was zunächst die Ansprüche der verschiedenen Nationen betrifft, so kann sogar nicht im Mindesten zweifelhaft sein, welche die kräftigsten sind. Eine umsichtige partheilose Prüfung dieser Ansprüche muß bald anerkennen, daß unter allen Nationen die Holländer die größte Wahrscheinlichkeit für sich haben.

79. Wo in der ersten Zeit ein Fernrohr bewundert wird, da läßt sich auch dessen Ursprung aus Holland nachweisen, oder wenigstens wahrscheinlich machen, und vor dem Zeitpunkt, den man mit überwiegenden Gründen als den der Erfindung des Fernrohrs in Holland feststellen kann, vor diesem Zeitpunkt sage ich, läßt sich in keinem anderen Lande die Existenz eines Fernrohrs mit Gewißheit darthun, d. h. die Existenz eines dioptrischen Werk-

zeugs, das mehr als eine Brille oder höchstens ein Operngucker gewesen wäre.

Holland kann demnach mit mehr denn Wahrscheinlichkeit als die Wiege der Erfindung des Fernrohrs angesehen werden. Es fragt sich nur noch, wer in diesem Lande als der Erfinder betrachtet werden muß, denn nicht weniger als drei Personen werden uns als solche bezeichnet. Der Urkunden zur Geschichte dieser Erfindung sind gerade ebenso viele, und sonderbar genug spricht sich jede zu Gunsten einer anderen dieser drei Personen aus. Diese Urkunden sind:

- 1) Die Dioptrik von Descartes erschienen im J. 1637.
- 2) Ein Buch betitelt *De vero Telescopii inventore*, herausgegeben 1655 von Pierre Borel (lat. Borellus, fälschlich Borelli), einem französischen Arzt, auf Veranlassung und mit Unterstützung von Willem Boreel, damaligem holländischen Gesandten in Paris und einem geborenen Middelburger.

3) Auszüge aus den holländischen Staatsarchiven gemacht von Van Swinden, ehemaligem Professor der Physik zu Amsterdam (gest. 1823), und veröffentlicht 1831 von Professor Moll zu Utrecht. Diese Quelle ist als die zuverlässigere zu betrachten.

Was nun zuvörderst die Angabe von Descartes betrifft, so lautet sie kurz dahin, dass vor ungefähr 30 Jahren, von 1637 rückwärts also etwa 1607, ein Mann ganz unbewandert in den freien Künsten, Jakob Metius mit Namen, zu Alkmaar in Nordholland nach mancherlei Versuchen mit hohlen und erhabenen Linsengläsern das erste Teleskop zu Stande gebracht habe.

Ueber diesen Jakob Metius giebt uns nun Professor Moll folgende Auskunft. Zunächst war sein eigentlicher Name nicht Metius sondern *Adriaanszoon*, und dann war er auch keineswegs ohne Bildung, sondern in Wissenschaften und namentlich in der Mathematik wohl bewandert. Sein Vater hieß *Adriaan Anthoniszoon*, war Inspektor der holländischen Festungen, und zeichnete sich sowohl im Kriege

gegen die Spanier aus, als auch in der Mathematik; ihm verdankt man u. A. für das Verhältniß des Durchmessers zum Umfang im Kreise den Werth $118 : 355$. Er hatte 4 Söhne, die alle wie der Vater Neigung zur Mathematik besaßen. Der zweite darunter Adriaan, welcher zu Hven unter Tycho und auf mehreren deutschen Universitäten seine Studien vollendete, bekam als Student wegen seines Hanges zur Mathematik von seinen Freunden den Beinamen Metius, der ihm nicht nur zeitlebens verblieb, sondern auch auf die Brüder späterhin, ja sogar auf den Vater übertragen wurde; daher denn der Name Metius für Jakob Adriaanszoon, mit dem allein wir es hier zu thun haben.

Dieser Jakob, der vierte der Söhne, war ein Sonderling, von dem man sich allerlei wunderliche Dinge erzählt. Unter Anderem soll er auf den Wällen ein großes Brennglas aufgestellt, und sich darin gefallen haben die Stunde vorher zu sagen, wenn dieser oder jener Baum in bedeutender Entfernung würde angezündet werden. Man soll ihm ansehnliche Summen für das Geheimniß der Konstruktion dieses Glases geboten haben, aber er weigerte sich selbst auf dem Todtenbette irgend etwas davon zu verrathen. Von ihm findet sich nun in den Archiven der Generalstaaten eine Eingabe datirt vom 17. Oktober 1608, worin er sagt:

Er habe seit zwei Jahren alle seine Zeit dem Glas-machen gewidmet und sei nun so weit, daß er ein Werkzeug verfertigt, welches sehr entfernte Gegenstände größer und deutlicher zeige, und, setzt er hinzu, welches ebensoviel leiste als das, welches ein Bürger und Brillenmacher zu Middelburg kürzlich den Staaten angeboten habe. Prinz Moritz von Nassau und andere Personen hätten sich durch den Augenschein davon überzeugt u. s. w. — Daher bittet er denn um ein Privilegium zum Schutze seiner Erfindung.

Aus dieser Eingabe gehen zwei historische Data mit Gewißheit hervor: 1) daß im Oktober 1608 die Fernröhre schon zu Middelburg erfunden waren, und 2) daß Jakob Adriaanszoon, wiewohl er seiner Angabe nach schon seit

1606 mit dem Glasmachen, wie er es nennt, sich beschäftigt hat, dennoch nicht die Priorität der Erfindung für sich in Anspruch nimmt, sondern nur behauptet, er könne ebenso viel leisten als der Middelburger Brillenmacher.

Auf diese Eingabe ertheilten die General-Staaten folgende Antwort: Man könne dem Jakob Adriaanszoon nicht eher ein Patent ertheilen, als bis er seine Erfindung zu größserer Vollkommenheit gebracht. — Diesen Bescheid nahm Jakob Adriaanszoon übel, und von nun an beschäftigte er sich gar nicht mehr mit dem Gegenstand. Die Antwort der General - Staaten übrigens hatte ihren guten Grund. Ein anderes in den Archiven zu Haag aufgefundenes Dokument zeigt nämlich, daß jener Middelburger Brillenmacher, dessen Jakob Adriaanszoon gedenkt, sich bereits vor ihm ebenfalls um ein Patent beworben hatte.

80. Eine Verfügung, datirt vom 2. Oktober 1608 sagt nämlich, daß auf die Eingabe von Franz Lippershey (auch Lippersheim, Lipperseim, Laprey), gebürtig aus Wesel und Brillenmacher zu Middelburg, dem Erfinder eines Instrumentes zum Sehen in die Ferne, welcher um ein 30jähriges Patent für seine Erfindung oder um ein Jahrgehalt eingenommen sei, beschlossen worden ihm mitzuthemen: Er möge seine Erfindung so vervollkommen, daß man mit beiden Augen durch das Instrument sehen könne . . . Dann sei bei ihm auch anzufragen, eine wie große Belohnung er zu fordern gedenke.

Die Bedingung ein Instrument für beide Augen herzustellen ist gewiß sonderbar; sie muß auch der Regierung bald als unbillig erschienen sein, denn schon ein Beschluß vom 4. Oktober 1608 lautet dahin: Es möchte aus jeder Provinz eine Person ernannt werden, um auf dem Thurm des Palastes Sr. Excellenz des Prinzen Moritz das von Hans Lippershey erfundene Instrument zu prüfen, und falls es sich bewährte, möchten diese Personen mit dem Hans Lippershey in Unterhandlung treten, damit er drei solche Instrumente aus Bergkrystall, wofür er 1000 Gulden verlan- ge, für einen billigeren Preis anfertige.

Die angeordnete Prüfung wurde rasch ausgeführt, schon eine Verfügung vom 6. Oktober 1608 besagt: Die Kommissare zur Prüfung des Instruments von **Hans Lippershey** hätten den Nutzen desselben für die Staaten eingesehen, und man beauftrage daher den **Lippershey** ein solches Instrument aus Bergkrystall zu verfertigen, ihm sogleich 300 Gulden auszuzahlen und noch 600 Gulden, wenn er das Instrument vollendet habe, ihm auch eine Zeit festzusetzen, innerhalb welcher er dasselbe vollendet haben müsse; dann endlich wolle man berathen, ob ihm ein Patent oder ein Jahrgelt zu geben sei.

Während nun diese Verhandlungen mit **Lippershey** gepflogen wurden, kam **Jakob Adriaanszoon** mit seiner Eingabe, und es war also natürlich, daß er abgewiesen wurde. Mit **Lippershey** dauerten übrigens die Verhandlungen fort; ein Dekret vom 15. December 1608 sagt: **Lippershey** habe das verlangte Instrument für beide Augen zur Befriedigung der Kommissare wirklich dargestellt, allein man könne ihm deßungeachtet kein Patent ertheilen, weil manche andere Personen ebenfalls Kenntniß von der neuen Erfindung besäßen (wahrscheinlich bezieht sich diese Aeußerung auf **Jakob Adriaanszoon**), man bewillige ihm aber unter den früheren Bedingungen 900 Gulden für zwei andere Binokular-Instrumente von seiner Erfindung. — **Lippershey** ging darauf ein; er lieferte die beiden Instrumente am 13. Februar 1609, und erhielt dafür die festgesetzte Summe.

Diese Verhandlungen sind in geschichtlicher Hinsicht sehr interessant. Wir lernen aus ihnen zuvörderst, daß die ersten Fernröhre nicht aus Glas verfertigt wurden, wahrscheinlich wegen der fehlerhaften Beschaffenheit des damals in Holland zu beziehenden Glases, sondern aus einem ungleich härteren Material, aus Bergkrystall, welcher erst in ganz neuer Zeit von dem Optikus **Cauchoi**x in Paris zu Fernröhren wieder angewandt worden ist. Es verdient hierbei wohl bemerkt zu werden, daß auch die Brillen vermuthlich in der ersten Zeit nicht oder nicht

immer aus Glas verfertigt wurden, denn das Wort Brille stammt von Beryll, und der Beryll wurde häufig mit Bergkrystall verwechselt (vergl. § 44).

Ferner erschen wir aus jenen Aktenstücken, daß Lippershey unfreiwillig zum Erfinder des Binokular-Fernrohrs geworden ist, eines überflüssigen und daher bis auf die ähnlich eingerichteten Operngucker wieder außer Gebrauch gekommenen Instruments, dessen erste Erfindung man vor Bekanntmachung dieser holländischen Dokumente anderen Personen zuschrieb, nämlich Galilei, Schyrlius de Rheita und dem Pater Cherubin le Gentil, der sie sogar auf Mikroskope ausdehnte in seiner Schrift: *De visione perfecta*, Paria 1678.

81. Die dritte Person, welche als Erfinder des Fernrohrs genannt wird, und zwar noch häufiger als Motius und Lippershey, ist Zacharias Jansen (Janszoon), ebenfalls Brillenmacher zu Middelburg. Für diesen Jansen spricht sich Borel in seinem Buche aus, und diese Aussage verdient insofern Beachtung, als sie auf den Mittheilungen des Gesandten Boreel beruhen, der selbst ein Middelburger als Knabe den Zacharias zu seinen Spielgenossen zählte, und im J. 1655 alle damals noch lebenden Zeugen der Leistungen dieses Brillenmachers amtlich von dem Magistrat zu Middelburg vernehmen ließ. Die Protokolle dieser Zeugen-Verhöre wurden im Middelburger Rathhause niedergelegt, sind aber leider wie die Wohnhäuser von Lippershey und Jansen, die darin näher bezeichnet werden, im Lauf der Zeiten untergegangen.

Was Borel von diesen Zeugnissen mittheilt, spricht nicht entscheidend allein zu Gunsten für Jansen, vielmehr sind einige der Aussagen auch für Lippershey. Die Zeugnisse beruhen überdies zumeist auf den Aussagen bejahrter Leute aus dem niedern Bürgerstande, die aus Erinnerung sprachen, und dabei nicht selten in den Jahreszahlen irrten. Selbst das, was Boreel aus eigener Erinnerung an Borel berichtete, ist von keinem größeren Gewicht, in sofern es begründete Ansprüche von Jansen auf die Erfindung

der Fernröhre betrifft. Er sagt nämlich, er habe oft gehört **Jansen**, der Vater von **Zacharias**, habe in Gemeinschaft mit diesem das erste Mikroskop erfunden, habe eins davon dem Prinzen Moritz von Oranien, und späterhin ein anderes dem Erzherzog Albrecht von Oesterreich übersandt. **Boreel** setzt hinzu: Eben das letztere Instrument habe er im J. 1619, als er Gesandter in England war, bei **Cornelius Drebbel** gesehen (§ 114). Es sei kein Mikroskop von der zu seiner Zeit üblichen Einrichtung gewesen, sondern habe ein 18 Zoll langes und 2 Zoll weites Rohr von vergoldetem Kupferblech gehabt, getragen von drei Delphinen, die auf einer Platte von Ebenholz ruhten. Die auf diese Platte gelegten kleinen Gegenstände erschienen, wenn man von oben in das Instrument sah, wunderbar vergrößert. Lange hernach, fügt endlich **Boreel** hinzu, im J. 1610 sei es dem **Hans** mit seinem Sohn **Zacharias** durch fortgesetztes Nachdenken geglückt, ein langes zur Betrachtung der Himmelskörper geeignetes Fernrohr zu Stande zu bringen. Sie hätten es dem Prinzen Moritz überreicht, welcher es geheim hielt, und es bei vielen seiner Expeditionen mit Nutzen gebrauchte.

Aehnlich lautet die Aussage von **Hans** dem Sohn von **Zacharias**, also Enkel des genannten **Hans**. Er sagt im J. 1655, er hätte oft gehört, daß sein Vater, vom Großvater spricht er nicht, im J. 1590 das Fernrohr erfunden habe, dasselbe sei aber nicht länger als 15 bis 16 Zoll gewesen. Diese kurzen Instrumente seien bis zum J. 1618 im Gebrauch gewesen, um welche Zeit **Zacharias** und der Zeuge **Hans** die längeren Teleskope (Mikroskope?) erfanden.

Also auch nach diesen Zeugnissen bleibt dem **Lippershey** die Priorität, wenn auch nicht der Erfindung, doch der ersten Ausführung des Fernrohrs, da derselbe, wie wir sahen, schon 1608 ein solches den General-Staaten überreichte.

Nach allen diesen Erörterungen kann man demnach mit gutem Grund annehmen:

1) Daß **Lippershey**, geb. in Wesel, Brillenmacher zu Middelburg, gest. 1619, die Ehre der ersten Ausführung

eines Fernrohrs gebührt, indem er schon im Oktober 1608 ein fertiges Instrument dieser Art den General-Staaten übersandte, daß er zugleich das erste Binokular-Teleskop dargestellt, und dabei Bergkrystall als Material der Linsen angewandt hat.

2) Daß, wenn auch Jakob Adriaanszoon d. i. Metius die Idee zum Fernrohr wirklich ebenso früh als Lippershey gehabt haben sollte, er doch in der Ausführung dieser Idee hinter demselben zurückblieb. Auch Huyghens versichert¹⁾, daß ein middelburger Künstler vor dem Jakob Metius Fernröhre verfertigt habe.

3) Was endlich Hans und seinen Sohn Zacharias Jansen oder Janszoon betrifft, so haben diese, selbst nach Boreel's Zeugniß keinen Anspruch auf die Erfindung der Fernröhre, da sie selbst nach diesem Gewährsmann erst 1610 ein solches Instrument darstellten. Allenfalls könnte man diesen Hans oder seinen Sohn als den Erfinder des zusammengesetzten Mikroskops für opake Gegenstände ansehen.

82. Die Gewißheit, daß schon 1608 Fernröhre von Lippershey verfertigt worden sind, zeigt zur Genüge den Ungrund mancher Erzählungen über die Veranlassung zu dieser Erfindung. Ich will davon einige anführen. Ein Mailänder Hieronymus Sirturus, der im Jahre 1618 unter dem Titel *De origine et fabrica telescopiorum* ein Werk über die Erfindungsgeschichte des Fernrohrs schrieb, und um die Materialien für dasselbe zu sammeln, eigends mehrere Länder bereiste, erzählt folgendes:

Es sei 1609 ein Unbekannter, dem Ansehn nach ein Holländer, zu Lippershey gekommen und habe sich von diesem einige konvexe und konkave Gläser schleifen lassen. Als er sie in Empfang genommen, habe er ein konvexes und ein konkaves vor einander gehalten, bald näher, bald ferner, habe hindurch gesehen, und dann dem Lippershey bezahlt und sich entfernt. Lippershey als ein aufgeweckter Mann habe sich das gemerkt, nachdem der Mann fort war,

¹⁾ Opera reliqua, Amstel. 1728; Vol. II. dioptr. p. 125.

den Versuch wiederholt, dabei die Wirkung der Linsen-Kombination kennen gelernt, und bald darauf ein Fernrohr zu Stande gebracht. Da dieses im J. 1609 vorgegangen sein soll, so ist schon um deswillen die Geschichte nicht glaublich.

Nach Andern sollen es die Kinder von Lippershey gewesen sein, die eigentlich die Erfindung veranlaßten, indem sie in der Werkstatt ihres Vaters mit Glaslinsen spielten, dabei eine konkave und eine konvexe in einer papiernen Röhre befestigten, durch diese Röhre nach der Wetterfahne eines Kirchthurms sahen, und sie zu ihrer nicht geringen Verwunderung vergrößert erblickten. Diese ganz artig klingende Geschichte ist sogar von Arago bei Gelegenheit des Berichts über das Daguerreotyp wieder aufgefrischt. Wenn sie indess auch nicht wahr sein sollte, so hätten Lippershey's Kinder doch nur gewöhnliche Linsengläser kombinirt, und also nichts mehr gethan, als den schon lange vor ihnen von Porta und Fracastoro angestellten Versuch wiederholt.

Endlich erzählt Borel, der wie erwähnt dem Lippershey die Erfindung abspricht, sie wäre folgendermaßen zu diesem gelangt. Ein Mann aus Nordholland, sagt er, der von Jansen's Leistungen gehört hatte und diesen sprechen wollte, sei durch ein Versehen zu Lippershey hingewiesen worden, und hätte sich mit diesem über das Geheimniß der Fernröhre unterhalten. Die Aeußerungen dieses Fremden seien nun hinreichend gewesen, um Lippershey als einen aufgeweckten Mann zum zweiten Erfinder zu machen. Borel verlegt diese Begebenheit ins J. 1610; sie kann also schon darum den Ansprüchen von Lippershey keinen Abbruch thun.

83. Von Holland aus verbreitete sich die Kunde von dem neuen wunderbaren Instrument mit großer Schnelligkeit durch das ganze civilisirte Europa. So gelangte sie noch im Jahre 1608 nach Frankreich. Jeanin und Bussy, damals außerordentliche Gesandte des Königs Heinrich IV. bei den General-Staaten, erließen schon am 28. December

1608 ein Schreiben an ihren Monarchen, worin sie den Ueberbringer desselben, einen Soldaten aus Sedan Namens Crepi, der lange im Heere des Prinzen Moritz gedient hatte, als einen Mann empfahlen, der mit mehreren für den Krieg nützlichen Erfindungen vertraut sei, namentlich auch mit der Verfertigung der eben erfundenen Fernröhre (lunettes). Die Gesandten fügten hinzu, sie würden diese Gelegenheit benutzt haben um Ihre Majestät ein Exemplar von den Middelburger Fernröhren zu übersenden, wenn nicht der Künstler sich geweigert hätte eins zu verkaufen, vorschützend er dürfe nur für die General-Staaten arbeiten.

Merkwürdig ist die Antwort, die Heinrich IV. am 8. Januar 1609 auf dieses Schreiben ertheilte: Ich werde die Fernröhre, von denen Sie in Ihrem letzten Briefe reden, mit Vergnügen annehmen, wiewohl mir jetzt ein Instrument, um die Dinge in meiner Nähe zu sehen, viel nöthiger wäre als eins zum Sehen in die Ferne. — Dies waren ahnungsvolle Worte; bekanntlich wurde der König bald darauf am 14. Mai 1610 von Ravallac ermordet.

Man hat dessen ungeachtet angeführt, daß die Kenntniss der Fernröhre in Frankreich sich sehr langsam verbreitet habe. Es soll nämlich der verdiente Astronom und Beschützer der Astronomie Peiresc (geb. 1580 zu Beaugensie, gest. 1637 zu Aix), der zugleich Rath im Parlament zu Aix war, noch im Jahre 1622 die Wirkung der Fernröhre bezweifelt haben; er bezweifelte aber nur, daß man durch ein Fernrohr eine Schrift auf eine Lieue Entfernung lesen könne. Er selbst beobachtete schon im November 1610 die Jupitertrabanten, und hatte auch wie Galilei die Idee, die Bewegung derselben zur Bestimmung der Meereslänge zu benutzen.¹⁾

Auch in Deutschland wurden die Fernröhre sehr frühzeitig bekannt. Schon 1608 wurde dem markgräflich Brandenburg-Anspächschen Geh. Rath Philipp Fuchs von Bimbach auf der Michaelis-Messe zu Frankfurt a. M. von

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. IV, 185, 186.

einem Holländer ein Fernrohr zu Kauf angeboten, allein da das Objectiv einen Riß hatte, und der Verkäufer einen hohen Preis forderte, so wurde nichts aus dem Handel. Bimbach erzählte indeß nach seiner Rückkehr in Anspach dem dortigen Astronomen Marius (Mayr) von dem neuen Instrumente, und dies veranlaßte den letzteren einen Versuch mit einem konvexen und einem konkaven Glase zu machen, welcher auch vollkommen gelang. Er wollte nun nach Gypsmodellen, die er selbst machte, Linsen von größerer Brennweite in Nürnberg anfertigen lassen, allein der Künstler brachte diese Gläser nicht zu Stande. — Simon Marius, eigentlich Mayr, war geb. 1570 zu Gunzenhausen, und starb. 1624 zu Anspach als Hofastronom des Markgrafen Georg Friedrich.

Im Sommer 1609 bekam endlich Bimbach ein gutes Fernrohr (aus Holland?), und mit diesem stellte Marius sogleich Beobachtungen am Himmel an, durch die er späterhin mit Galilei in Streitigkeiten gerieth. Er will die Jupitermonde schon am 29. December 1609 entdeckt haben, ist aber mit seinen Ansprüchen erst aufgetreten, nachdem Galilei längst diese Entdeckung als sein Eigenthum veröffentlicht hatte. Marius spricht von seiner Beobachtung in dem von ihm herausgegebenen Fränkischen Kalender oder Practica von 1612, und in seinem 1614 zu Nürnberg erschienenen *Mundus jovialis anno 1609 detectus opus perspicilli belgici*¹⁾. Er nannte die Jupitermonde Sidera brandenburgica zu Ehren der brandenburgischen Markgrafen Friedrich, Christian und Joachim Ernst, die ihn drei Jahre lang in Italien hatten studiren lassen, und zuletzt als Mathematiker besoldeten.

Außer diesen astronomischen Entdeckungen suchte sich Marius auch die Erfindung des Proportionalzirkels, den ebenfalls Galilei angegeben hatte, zuzueignen, so daß man es dem großen Florentiner nicht verargen kann, wenn er gegen Mayr, der früher in Padua sein Schüler gewesen

¹⁾ v. Humboldt, Kosmos II, 509.

war, etwas erbittert ward, obwohl er vielleicht zu weit gegangen ist, diesen öffentlich als Plagiarius zu bezeichnen. **Keppler** giebt zwar in seinen Ephemeriden von 1616 zu, daß **Marius** die Jupitermonde wohl gesehen, jedoch nicht gewußt habe, was er vor sich hatte, schreibt aber sonst die Entdeckung dem **Galilei** zu.

Nach England gelangten die Fernröhre ebenfalls sehr frühzeitig, was bei der vielfachen Verbindung dieses Landes mit Holland nicht Wunder nehmen darf. Es hat sich zwar später als ungegründet erwiesen, was **Hr. v. Zach**¹⁾ angiebt, daß der englische Astronom **Harriot** schon am 16. Januar 1610 die Jupitertrabanten, also vor **Galilei** und **Marius** beobachtet habe, da **Harriot** seine Beobachtungen erst am 17. Oktober 1610 begann, allein es scheint doch gewiß zu sein, daß ein anderer Engländer **Christoph Heydon** im Sommer 1610 die Plejaden mit einem Fernrohr beobachtete. Er erwähnt dessen in einem Briefe an **Camden**, und nennt dabei das Fernrohr *Trunk*.

Endlich blieb auch in Italien das Fernrohr nicht lange unbekannt. **Sirturus** erzählt, es sei schon im Mai 1609 ein Franzose in Mailand gewesen, der dem Grafen **Fuentes** ein Fernrohr angeboten, und sich für einen Miterfinder dieses Instruments ausgegeben habe. Dieser Franzose habe, als er in Mailand kein taugliches Glas gefunden, sich nach Venedig begeben, wo damals die Glasfabrikation sehr in Blüthe stand. Sehr wahrscheinlich ist dieser Franzose eben jener Soldat aus Sedan gewesen, den die französischen Gesandten ihrem König als vertraut mit der Erfindung empfahlen, ja von dem sie sagen, er würde ihm vor seinen Augen ein Fernrohr machen.

Dies war jedoch nicht der einzige Weg, auf welchem die neue Erfindung nach Italien gelangte. Aus einem Brief von **Lorenzo Pignoria** an **Paolo Gualdo**, datirt vom 31. August 1609, einem Briefe, der in einer neueren Biographie von **Galilei** mitgetheilt wird, erhellt, daß dem

¹⁾ Monatliche Korrespond. VIII, 3077.

Kardinal Borghese um diese Zeit ein Fernrohr aus Flandern zugesandt ward. Endlich weiß man auch, daß ein Italiener Lanccius, der in Holland gewesen, sogleich nach seiner Rückkehr Linsengläser in Venedig bestellte, und diese fielen so gut aus, daß er schon zu Anfang 1610 zwei solche Linsen nach Anspach an den erwähnten Bimbach sandte.

Diese frühzeitige Verpflanzung der Fernröhre von Holland nach Italien macht es nicht unmöglich, daß Galilei nicht bloß Kunde von diesem Instrument erhielt, sondern auch, wie einige Schriftsteller behaupten, Gelegenheit hatte, dasselbe durch den Augenschein kennen zu lernen. Galilei selbst läugnet dies aber, und man ist es wohl den Manen dieses großen Mannes schuldig, seinen Worten Glauben beizumessen. Mehr davon unter Galilei.

84. Das holländische Fernrohr, aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular bestehend, leidet an dem bedeutenden Uebelstand, daß es, weil die Strahlen divergirend aus dem Okular treten, immer nur ein kleines Gesichtsfeld hat, daß man damit immer nur einen sehr kleinen Theil des Himmels gleichzeitig übersehen kann, und daß man, um das vorhandene Gesichtsfeld zu benutzen, das Auge dicht hinter das Okular bringen muß. Dadurch werden aber die Beobachtungen sehr mühsam, so mühsam, daß man jetzt kaum begreift, wo Galilei und Andere, die in der ersten Zeit den Himmel damit durchforschten, die Geduld dazu hernahmen.

Das keplersche Fernrohr ist von diesen Mängeln frei; es hat ein relativ großes Gesichtsfeld, und das Auge braucht nicht dicht hinter dem Okular gehalten zu werden. Ueberdies hat es noch einen wesentlichen Vorzug. Da nämlich das von dem Objektiv erzeugte Bild eines Gegenstandes in dem Rohr wirklich zu Stande kommt, so läßt sich an dem Ort des Bildes ein Fadenkreuz anbringen, dessen Kreuzung in der Axe des Fernrohrs liegt, wodurch es möglich wird, diesem stets dieselbe Richtung auf einen bestimmten Punkt zu geben. Wegen dieser kostbaren

Eigenschaft wird das keplersche Fernrohr nicht bloß ein Werkzeug zum Beschauen der Gegenstände, sondern auch zum Messen derselben, sobald man mit demselben ein getheiltes Winkelinstrument verbindet.

Da bei dem holländischen Fernrohr kein reelles Bild entsteht, vielmehr die durch das Objectiv gegangenen Strahlen bereits vor ihrer Vereinigung von dem Okular aufgefangen und so zerstreut werden, als ob sie von einem zwar nahen, aber nicht existirenden Bilde herkämen, so ist die Anbringung eines Fadenkreuzes zwecklos. Es steht daher dieses Fernrohr hinsichtlich seiner Anwendbarkeit weit dem keplerschen nach, welches jetzt ausschließlich zu astronomischen Beobachtungen gebraucht, und deshalb für gewöhnlich auch mit dem Namen des astronomischen Fernrohrs belegt wird.

Es ist indess zu bemerken, daß Kepler selbst noch nicht die wichtige Eigenschaft an seinem Fernrohr auffand, wodurch dasselbe für Messungen so große Dienste leistet, auch speciell zu physikalischen Zwecken; ja was noch mehr ist, er begnügte sich damit, die Idee zu diesem Instrumente anzugeben, die Ausführung überließ er Anderen. Erst einige Jahre später zwischen 1613 und 1617, genau ist das Jahr nicht anzugeben, stellte der Jesuit Scheiner, ein Landsmann Kepler's, nach dessen Idee ein astronomisches Fernrohr her, und benutzte dasselbe zu zahlreichen, für die Zeit höchst verdienstlichen Beobachtungen am Himmel.

Die Einfügung eines Fadenkreuzes und die Verbindung eines solchen Fernrohrs mit einem Winkelinstrument ist viel neueren Datums, und wird daher erst später zur Sprache kommen.

85. Um hier schließlich alle Personen namhaft zu machen, die in der Geschichte der Erfindung der Fernröhre und deren erste Verbesserung eine Rolle spielen, muß ich noch zweier erwähnen, Fontana und Schyrl.

Francesco Fontana, ein Jesuit und neapolitanischer Astronom (geb. 1580 zu Neapel, gest. ebenda 1656), be-

hauptet, das astronomische Fernrohr schon 1608 und das zusammengesetzte Mikroskop 1618 erfunden zu haben. Allein da sein Freund Zupus, auf den er sich beruft, nur bezeugt, daß er 1614 ein solches Fernrohr bei ihm gesehen, damals dasselbe aber längst erfunden war, wie ebenso das Mikroskop 1618, überdies Fontana selbst mit seinen Ansprüchen erst 1646 hervortrat in der Schrift *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes*, so haben sie mit Recht gar keine Beachtung erlangt.

Mehr Verdienst hat unbedenklich der Kapuciner Anton Maria Schyrllaesus de Rheita vom Kloster Rheit in Böhmen, eigentlich Schyrl heißend, geb. 1597 in Böhmen, gest. 1660 in Ravenna. Er ist Erfinder des sogenannten Erdfernrohrs, einer Kombination von vier konvexen Linsen, die wiederum aufrechte Bilder von den Gegenständen giebt. Man kann es ansehen entweder als ein doppeltes astronomisches Fernrohr, oder als eins mit einem Objektiv und drei konvexen Okularen. Es hat Vorzüge vor dem keplerschen Rohre mit 3 Linsen, und wird noch jetzt viel gebraucht, während dieses vergessen ist.

Schyrl beschrieb seine Erfindung in dem Werk, welches er unter dem sonderbaren Titel *Oculus Enochii et Eliae seu Radius sidereomysticus* 1645 zu Antwerpen herausgab, worin er auch die Vorzüge des tychonischen Systems gegen das kopernikanische vertheidigte. Seine Beschreibung war aber dem Geiste der damaligen Zeit gemäß nicht deutlich, sondern versteckt, indem er u. A. die Buchstaben der Worte: *convexa quatuor* in einander schachtelte *εϥοϋναϥτεϥαρ*. Er glaubte dadurch das Geheimniß tief verschleiert zu haben, aber der Arzt Jakob Amling, dem der Jesuit Caspar Schott es zeigte, errieth es auf den ersten Blick¹⁾. — In diesem Werk gebraucht Schyrl auch zuerst die Ausdrücke Okular und Objektiv.

In demselben Werk beschreibt Schyrl auch das Bino-
kularteleskop als seine Erfindung, das aber damals, wie

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 172.

wir wissen, längst durch Lippershey und Galilei erfunden war. — Auffällig ist, daß er um den Jupiter 9, um den Saturn 6 und den Mars mehrere Monde gesehen haben wollte, und darüber schrieb: *Novem stellae circa Jovem visae, circa Saturnum sex, circa Martem nonnullae a P. Ant. Rheita detectae, Lovani 1643.*

Ein Mitglied der Accademia dei Lyncei, ein geborener Grieche Demiscianus, gab den Fernröhren und Vergrößerungsgläsern ihre jetzt gebräuchlichen Namen Teleskop und Mikroskop, welche bis dahin Conspicilia, Perspicilia, Occhiali, Occhialini genannt wurden.

Von den Mikroskopen glaubt Huyghens, daß sie erst nach den Teleskopen erfunden seien, weil Hieron. Sirturus in seinem *De origine et fabrica telescopiorum* 1618 noch nicht vom Mikroskop spricht.

Scheiner.

86. Nächst Keppler hat sich um die damalige Optik und namentlich um die Fernröhre am meisten Verdienste erworben der bereits erwähnte Scheiner, dessen Leistungen gleichsam einen Uebergang zwischen denen seiner beiden großen Zeitgenossen Keppler und Galilei machen, so daß ich es für geeignet halte, sie an dieser Stelle auseinander zu setzen.

Christoph Scheiner wurde geboren 1575 zu Walda bei Mündelheim in Schwaben, und war also ein Landsmann von Keppler. Er trat 1595 in den Orden der Jesuiten, lehrte dann Hebräisch und Mathematik successiv zu Ingolstadt, Freiburg und Rom und starb 1650 als Rektor des Jesuiten-Kollegiums zu Neisse in Schlesien.

Am bekanntesten ist Scheiner durch seine Ansprüche auf die Entdeckung der Sonnenflecke. Er gab darüber Nachricht in drei Briefen an den gelehrten Bürgermeister zu Augsburg Marcus Welser, und zwar pseudonym unter dem Namen *Apelles latens post tabulam*, um nicht bei seinen unwissenden Ordensbrüdern anzustoßen. Selbst sein Ordensgeneral Theodor Busaeus wollte die Flecke nicht gelten

lassen, weil man nach damaliger aristotelischer Lehre die Sonne für das reinste Feuer hielt.

Die Briefe, die späterhin im Druck erschienen sind, datiren vom 12. November, 19. December und 26. December 1611. In dem ersten sagt er, daß er ungefähr vor 7 bis 8 Monaten, also im April oder Mai 1611, schwarze Flecke auf der Sonnenscheibe beobachtet habe. Welser schickte diese Briefe an Galilei, um sich dessen Meinung über die angebliche Entdeckung auszubitten, worauf dieser antwortete (4. Mai, 14. August, 1. December 1612), er habe die erwähnten Flecke ebenfalls, und zwar schon im Oktober 1610, gesehen und sie damals mehreren Personen gezeigt.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß Galilei der Zeit nach die Priorität in dieser Entdeckung hat, aber man muß auch andererseits zugeben, daß Scheiner nichts von den Arbeiten des italienischen Forschers gewußt, und darum ebenfalls ein Anrecht auf diese Entdeckung habe. Weit mehr trifft ihn der Vorwurf, daß er seine Entdeckung nicht recht verstanden hat, denn er hielt die Flecke für dunkle Körper, kleine Planeten, die um die Sonne liefen, schloß aber doch aus ihrer Bewegung auf die Axendrehung der Sonne, weil er sich einbildete, die vermeintlichen Planeten befänden sich auf oder dicht an der Oberfläche der Sonne. Daß es Planeten seien, glaubten auch Malapertius, welcher darüber schrieb *Sidera austriaca periheliaca*, Duaci 1627, und Johann Tarde, Verfasser der *Sidera borbonia, falso maculae solis nuncupata*, Parisiis 1620.¹⁾

Späterhin, als ihm freilich die Beobachtungen von Galilei schon bekannt waren, kam er von seinem Irrthum zurück, und da erwarb er sich denn auch um die Sonnenflecke ein Verdienst, welches ihm unbedenklicher zugesprochen werden kann, als das der ersten Entdeckung derselben. Dieses Verdienst bestand darin, dass er die Flecke zuerst anhaltend beobachtete, und somit ihre Be-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 121.

wegungen und Eigenthümlichkeiten näher kennen lernte. In einer Reihe von Jahren stellte er mehr als 2000 Beobachtungen über sie an. Die Gesammtheit dieser Erfahrungen stellte er zusammen in einem Werke, welches den sonderbaren Titel führt: *Rosa Ursina sive sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius etc.* — Rosa ist ein symbolischer Name der Sonne, der er das Adjectiv Ursina beilegen zu müssen glaubte, weil er unterstützt vom Herzog Paul Jordan II. von Orsini Bracciano demselben sein Werk widmete. Es erschien 1630 zu Bracciano, soll aber schon 1626 angefangen sein, wie auf dem Titel steht.

Bei seinen ersten Beobachtungen hatte Scheiner kein anderes Mittel den blendenden Glanz der Sonne zu überwältigen, als dafs er sie durch leichtes Gewölk betrachtete. Späterhin fiel er darauf, die Linsen seines Fernrohrs aus farbigem Glase zu konstruiren, und als auch dieses sich nicht praktisch erwies, setzte er dem Fernrohr aus farblosen Linsen geschliffene farbige Plangläser, anfangs blaue, vor. Ihm gebührt also die Ehre der ersten Anwendung der Blendgläser, welche schon 70 Jahre früher Apian im *Astronomicum caesareum*, Ingolst. 1540 vorgeschlagen hatte, und deren Nichtgebrauch viel zu Galilei's Erblindung beitrug ¹⁾.

In dem Werke *Rosa Ursina* beschreibt Scheiner auch das nach Keppler's Angabe aus zwei konvexen Linsen konstruirte astronomische Fernrohr, dessen erste Ausführung ihm ebenso gebührt als dessen erste Anwendung, denn er bediente sich desselben zu den meisten seiner Beobachtungen. Scheiner sagt in seinem Werke, er habe vor 13 Jahren dem Erzherzog Maximilian von Oesterreich, und bald hernach dem Kaiser selbst die Sonnenflecke mittelst eines solchen Fernrohrs gezeigt, danach würde die Ausführung des ersten astronomischen Fernrohrs in das J. 1613 oder 1617 zu setzen sein, je nachdem man von 1626 oder

¹⁾ v. Humboldt, Kosmos III, 383.

1630, den in der Rosa Ursina angegebenen Jahreszahlen ausgeht.

Scheiner wandte das astronomische Fernrohr auch in einer Weise an, die grade für Sonnenflecke sehr geeignet ist. Er zog nämlich ein solches Fernrohr etwas weiter aus, als zum deutlichen Sehen erforderlich war, richtete es in einem dunklen Zimmer mit dem Objektiv gegen die Sonne, und fing das hinter dem Okular entstehende Bild mit einer weißen Tafel oder mit einem Blatt geölten Papiers auf. Das so entstehende Bild ist zwar nicht so scharf als das direkt durch ein Fernrohr gesehene, gewährt aber den Vortheil, gleichzeitig von mehreren Personen beobachtet werden zu können. Eben auf solche Weise zeigte Scheiner die Sonnenflecke dem Erzherzog Max. Er belegte diese Vorrichtung mit dem Namen Helioskop, und die Befugniß dazu ist ihm wohl nicht abzusprechen, da er sie zuerst darstellte; aber es darf nicht vergessen werden, daß schon **Kepler** theoretisch die Konstruktion in seiner Dioptrik prop. 88 angab.¹⁾

87. Auf die Entdeckung der Sonnenflecke macht noch ein anderer Deutscher Anspruch, nämlich **Johann Fabricius**, Sohn des Pastors **David Fabricius** zu Ostee, Amt Aurich in Ostfriesland (geb. 1564, gest. 1615), eines verdienten Astronomen, der u. A. 1596 den veränderlichen Stern im Wallfisch entdeckte, den Kometen von 1607 und den neuen Stern im Fuße des Ophiuchus beobachtete, und 1610 die erste Karte von Ostfriesland herausgab. Sein Sohn **Johann** (geb. 1587) sah die Flecke, als er die Sonne durch ein holländisches Fernrohr betrachtete, anfangs ohne alle Blendung, nachdem er seine Augen allmählich an den Glanz gewöhnt hatte, später nachdem er die Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch in ein dunkles Zimmer geleitet hatte. Er beschrieb seine Beobachtungen in einem Werk betitelt: *De maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversionis narratio*, das zu Wittenberg 1611 erschien und

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 170.

zwar im Juni, zu einer Zeit, wo Galilei's Beobachtungen nicht füglich in Deutschland bekannt sein konnten. Den Tag der ersten Wahrnehmung der Flecken führt er zwar nicht an, man kann sie aber nach Angaben in seiner Schrift gegen das Ende des J. 1610 setzen¹⁾.

Ist auch jetzt nicht zu ermitteln, ob Fabricius, da er die Zeit seiner Entdeckung nicht angiebt, die Flecke früher sah als Galilei, der sie im Oktober 1610 zuerst beobachtete, so hat man doch auch keinen Grund, ihm sowohl wie Scheiner die Originalität derselben streitig zu machen. Anders verhält es sich mit Harriot, einem englischen Astronomen und Freunde Keppler's, der 1560 zu Oxford geboren und 1621 gestorben ist. Hr. v. Zach, der 1788 Harriot's Manuskripte durchzusehen Gelegenheit hatte, behauptet, derselbe habe am 8. Dec. 1610 die Flecke zuerst gesehen, und viele Beobachtungen seitdem darüber angestellt; allein er wufste nicht, daß er Sonnenflecke vor sich habe, publicirte auch seine Beobachtungen nicht, und erkannte den wahren Sachverhalt erst im December des folgenden Jahres.

88. Was Scheiner wiederum anbelangt, so sind es nicht allein die Sonnenflecke, welche seinen Namen erhalten haben, auch andere dem engeren Kreis der Physik angehörige Beobachtungen bezeugen, daß er kein gewöhnlicher Kopf gewesen ist. So ist er Verfasser eines für seine Zeit ausgezeichneten optischen Werkes: *Oculus, hoc est fundamentum opticum, Oeniponti 1619*. Es handelt, wie schon der Titel andeutet, vom Sehen, und enthält mehreres, was Scheiner alle Ehre macht. Es sind darin seine Versuche angegeben, um das Brechungsverhältniß der verschiedenen Flüssigkeiten des Auges näher zu bestimmen. Er fand die Brechung der wässerigen Feuchtigkeit des Auges gleich der des Wassers, die der Krystalllinse nahe der des Glases, und die der gläsernen Feuchtigkeit zwischen beiden.

¹⁾ v. Humboldt, Kosmos II, 360; Fischer, Gesch. d. Physik I, 116; Kästner, Gesch. d. Math. IV, 140.

Nächst dem suchte er den Gang der Lichtstrahlen durch das ganze Auge zu verfolgen, und kam dabei wie Keppler zu dem Schluß, daß die Netzhaut der Sitz des Sehens sei. Er bewies dieses und die Aehnlichkeit des Auges mit der Camera obscura durch einen sehr lehrreichen und entscheidenden Versuch. Er schnitt nämlich an einem Ochsenauge die hinteren Häute bis auf die Markhaut ab, und hielt es nun gegen das Licht. Da malte sich denn auf der durchscheinenden Netzhaut ein deutliches Bild von den Gegenständen ab, die vor dem Auge befindlich waren. Später 1625 wiederholte er diesen Versuch mit einem Menschenauge.

Von der Fähigkeit des Auges in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, gab er eine andere Erklärung als Keppler. Er nahm an, die Adjustirung erfolge dadurch, daß die Gestalt der Krystalllinse sich ändere, nämlich konvexer werde für nahe, und konkaver (flacher) für ferne Gegenstände. Er machte dabei auch die richtige Beobachtung, daß die Pupille sich bei Betrachtung naher Gegenstände verengere.

Er zeigte auch, daß es keiner künstlichen Vorrichtung bedürfe, um sich von der Durchkreuzung der Lichtstrahlen in einer kleinen Oeffnung zu überzeugen. Man betrachte zu dem Ende eine Lichtflamme durch ein kleines Loch in einer Karte, und führe einen Messerrücken herab erst zwischen Karte und Auge, und dann zwischen Karte und Flamme; es verschwindet dann im ersten Fall der untere Theil der Flamme, im zweiten der obere Theil derselben zuerst.

Bei dieser Gelegenheit machte Scheiner auch die Beobachtung, daß wenn man in dem Umfang der Größe der Pupille mehrere kleine Löcher in ein Kartenblatt sticht, und nach einer Flamme sieht, man ebenso viel Bilder wahrnimmt als Löcher sind. Scheiner vermochte aber nicht, dieses Phänomen zu erklären, das gelang erst Jakob de la Motte¹⁾, Arzt in Danzig, und später Musschenbroek²⁾. Die

¹⁾ Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. in Danzig 1754.

²⁾ Introductio ad philosophiam nat. 1762.

Erscheinung tritt nur ein, wenn die Strahlen sich vor oder hinter der Netzhaut kreuzen; sie verschwindet für ein kurzsichtiges Auge, wenn man eine konkave Linse vorhält, für ein weitsichtiges durch eine konvexe ¹⁾.

Außerdem hat Scheiner sich noch bekannt gemacht durch die recht genaue und mit Messungen begleitete Beschreibung eines ausgezeichneten Falles von dem Phänomen der Nebensonnen, welches er am 20. März 1629 zu Rom beobachtete, daher man es auch wohl das römische Phänomen genannt hat. Es bestand aus zwei konzentrischen farbigen Kreisen um die Sonne, und einem sehr großen horizontalen farblosen Kreis durch die Sonne, nebst 4 Nebensonnen auf diesem und 2 andern über der Sonne auf den farbigen Ringen ²⁾ (s. §. 266).

Scheiner ist auch Erfinder des nützlichen Instruments zum Kopiren von Zeichnungen im verkleinerten oder auch vergrößerten Maßstab, welches man Storchschnabel, Pantograph, Parallelogramme à reduction, genannt hat. Er machte diese Erfindung 1603, beschrieb sie aber erst 1630 in seiner *Pantographia*.

Alles dies legt ein hinreichendes Zeugniß von dem Eifer und den Fähigkeiten Scheiner's ab, und wir wollen daher annehmen, daß er weniger durch Ueberzeugung als durch sein Verhältniß zur Kirche veranlaßt ward gegen das kopernikanische System aufzutreten, wie er dies that in seiner Schrift: *Prodromus pro sole mobili et terra stabili contra Galileum de Galileis*. posth. 1651. ³⁾

¹⁾ Wilde, *Gesch. der Optik* I, 214.

²⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* II, 137.

³⁾ Montucla, *Hist. des math.* II, 300.

Dritter Zeitraum.

Erste oder italienische Periode.

Galilei.

89. Galileo Galilei ward geboren zu Pisa am 18. Februar 1564 (n. St.), und starb den 8. Januar 1642 auf der Villa Giojello bei Arcetri in Toskana.

Man hat es zuweilen als einen sonderbaren Umstand hervorgehoben, zuerst sein Biograph Paul Frisi in dem Elogio di Galilei, Milano 1777, daß Galilei grade in dem Jahre starb, in welchem Newton geboren wurde. Allein dies ist nicht richtig. Newton's Geburtstag wird zwar auf den 25. December 1642 gesetzt, dies ist aber nach altem Styl gerechnet. Nach dem heutigen gregorianischen Kalender, der 1582 in Italien eingeführt wurde, und auf den sich die Angabe von Galilei's Tod bezieht, während derselbe in England erst 1752 angeordnet ward, würde Newton am 5. Januar 1643 geboren sein, also 100 Jahre nach Kopernikus Tod.

Galilei war der Sohn eines florentiner Edelmanns Vincenzo Galilei, eines mathematisch gebildeten Mannes, von dem wir auch ein Werk über die alte und neue Musik besitzen unter dem Titel: *Dialoghi della musica antica e nuova*, Firenze 1582. Die Familie führte früher den Namen Bonajuto und der Erste, welcher sich Galilei nannte, war ein Arzt, welcher 1438 Medicin an der Universität zu Florenz las.

Der Vater hatte viele Kinder aber wenig Vermögen, und daher bestimmte er unseren Galileo trotz seiner großen Anlagen zur Mechanik für ein bürgerliches Gewerbe, für den Tuchhandel. Er ließ ihn indeß die lateinische Schule besuchen, wo dieser bald so ungewöhnliche Fortschritte machte, daß der Vater seinen anfänglichen Plan aufgab und beschloß, den Sohn Medicin studiren zu lassen in der Hoffnung, derselbe werde als Arzt seine Geschwister ernähren können.

So bezog denn unser Galilei im J. 1582 in seiner Vaterstadt Pisa die Universität. Sehr bald wurde er hier durch seinen Genius auf die Bahn geleitet, auf welcher er für die Physik so Großes leisten sollte. Es war nämlich schon im J. 1583, als ihm zufällige vom Luftzuge veranlaßte Schwingungen der im Dom zu Pisa herabhängenden Kronenleuchter die erste Anregung gaben, über die Gesetze der Bewegung nachzudenken.

Er las den Aristoteles in der Ursprache, und schlug darin nach, um die Meinungen dieses Koryphäen der alten Naturforschung zu erfahren, fand aber zu seinem Erstaunen, daß sie gar nicht mit seinen eigenen Ansichten stimmten, daß sie vielmehr vieles enthielten, was er für grundunrichtig halten mußte. Dennoch wagte er noch nicht öffentlich gegen die aristotelische Lehre aufzutreten, da sie damals in Pisa sowohl als in ganz Italien wie ein Evangelium betrachtet wurde. Desto mehr disputirte er aber darüber mit seinen Studiengenossen, von denen er wegen seiner Neigung zu Streitreden den Beinamen des Zänkers bekam.

Nicht lange darauf erhielt er von Ricci den ersten Unterricht in der Mathematik, in welcher er es bald so weit brachte, daß er auf Vorschlag des Marchese Guido Ubaldo del Monte zum Lehrer der Mathematik in Pisa ernannt wurde, und zwar im J. 1589, freilich nur mit 60 Thaler Gehalt. Von nun an trat er öffentlich als Gegner der aristotelischen Physik auf, und widerlegte namentlich die irrigen Lehrsätze derselben über den freien Fall der

Körper auf eine so schlagende Weise durch Versuche und Argumente, daß er allgemeinen Beifall damit errang.

Allein diese glücklichen Angriffe auf eine bis dahin für unumstößlich gehaltene Lehre zogen ihm auch viele Feinde und Verdrießlichkeiten zu in dem Grade, daß er sich zuletzt genöthigt sah sein Lehramt in Pisa aufzugeben. Glücklicherweise wurde dadurch seine wissenschaftliche Thätigkeit nicht unterdrückt, denn durch die Empfehlungen seines Gönners del Monte und des Venetianers Sagredo, den er in Florenz hatte kennen gelernt, bekam er nicht lange darauf, nämlich im J. 1592 das Lehramt der Mathematik an der venetianischen Universität Padua. Hier in seinem 27. Jahre vollendete er zum großen Theil die Entdeckungen, zu denen er in Pisa den Grund gelegt hatte, und überdies fanden seine Vorlesungen einen so zahlreichen und glänzenden Zuspruch, als sie sich nur in Pisa erfreut hatten. Unter Anderen zählte er den nachmaligen König Gustav Adolph von Schweden zu seinen Zuhörern.

90. Im Frühjahr 1609 machte Galilei eine Reise nach Venedig, und hörte dort von den kurz zuvor (1608) in Holland erfundenen Fernröhren, oder wie Andere wohl ohne hinlänglichen Grund behaupten, er sah daselbst ein dorthin gebrachtes holländisches Fernrohr. Dies war für ihn ein Sporn über die Vervollkommenung und Anwendung dieses damals mit Recht so sehr angestaunten Instrumentes ernstlich nachzudenken. Sogleich nach seiner Rückkehr nach Padua ging er an's Werk, und so rasch war der Erfolg seiner Bemühungen, daß er schon im August desselben Jahres dem Senat von Venedig ein Fernrohr übersenden konnte, das mehr leistete als jenes, welches dieser aus Holland bekommen hatte. Der Senat belohnte dies Geschenk überaus freigebig; unter dem 25. August 1609 setzte er dem Galilei eine lebenslängliche Pension aus und das Dreifache seines Gehalts, welches er als Lehrer in Padua bezog.

Galilei hatte die Principien der Konstruktion der Fernröhre in nichts verbessert; er hatte das seinige ganz nach

dem Muster der holländischen angefertigt, d. h. aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular zusammengesetzt. Allein in der Ausführung war es vollkommener als die bis dahin konstruirten Fernröhre. Es gewährte eine 30malige Vergrößerung und gab die Bilder mit einem solchen Grad von Deutlichkeit, daß es zu astronomischen Beobachtungen brauchbar war, was wenigstens von dem zuerst nach Italien gekommenen holländischen Fernrohr nicht gesagt werden konnte. Noch im J. 1637 bezeugt Konstantin Huyghens, der Vater des berühmten Christian Huyghens, in einem Briefe an Diodati, daß man selbst bei dem ersten Erfinder der Fernröhre keins finde, mit dem man im Stande wäre die Jupitertrabanten zu beobachten.

Galilei säumte nicht sein Fernrohr gegen den Himmel zu richten, und sehr bald machte er damit Entdeckungen, die den Beweis ablegten, daß der Senat von Venedig seine Freigebigkeit an keinen Unwürdigen verschwendet hatte. Schon im Januar 1610 gelang es ihm bis dahin ungesehene Weltkörper zu entdecken; es waren die Jupitertrabanten, drei davon sah er zuerst am 7. Januar 1610, den vierten am 13. desselben Monats. Er nannte diese Trabanten *Sidera medicea* zu Ehren des Hauses Medici, welches in seinem Vaterlande Toskana regierte.

Diese und ähnliche Beobachtungen über die Berge im Mond, zu deren Höhenmessung er ein einfaches Verfahren angab; über die Milchstraße, an welcher er die schon längst gehegte Vermuthung, daß ihr Schimmer der vereinte Glanz zahlreicher kleiner Sterne sei, thatsächlich nachwies; über Nebelsterne u. s. w. machte er bald darauf in einem Werke bekannt, welchem er den Titel gab *Nuncius sidereus* Venedig 1610, und welches er an mehrere Monarchen Europas sandte, wohl nicht ohne Absicht und ohne Hoffnung auf reiche Belohnung, die ihn auch wohl bewog den Namen Medici in die Gestirne zu versetzen.

Bei letzteren hatte Galilei sich in der That nicht verrechnet! Sei es nun in aufrichtiger Anerkennung der glänzenden Entdeckungen, oder aus Dankgefühl für die damals noch unerhörte Apotheose, genug, als Cosimo II., der schon

als Prinz den Unterricht von Galilei genossen hatte, im J. 1610 zur Regierung kam, war es eine seiner ersten Handlungen sich seines Lehrers zu erinnern, und ihn unter sehr vortheilhaften Bedingungen in sein Vaterland zurückzurufen. Er machte Galilei zum Mathematiker seines Hofes, und zum ersten Professor der Mathematik in Pisa mit dem sehr ansehnlichen Gehalt von 1000 Scudi, ja, was noch mehr ist, ohne ihn verbindlich zu machen in Pisa zu wohnen und sein Lehramt auszuüben, welches ihm 60 Vorlesungen im Jahr, jede von einer halben Stunde, auftrug. Im August 1610 trat Galilei diese so überaus vortheilhafte Stellung an.

Galilei wohnte nun meistens auf den Villen des Großherzogs, dem er sich auch als geistreicher Gesellschafter fast unentbehrlich machte, besonders aber verweilte er viel auf der Villa Alla Jelve seines Freundes Salviati, und dort machte er auch im Herbst 1610 wiederum sehr merkwürdige Entdeckungen am Himmel.

Im September 1610 entdeckte er die Lichtphasen der Venus und des Mars, sah ferner am Saturn eine Andeutung von dessen Ring, und machte endlich im Oktober 1610 die Entdeckung der Sonnenflecke, die später zu so vielen Streitigkeiten Anlaß geben sollten (s. § 86, 87); auch die Sonnenfackeln wurden von ihm zuerst beobachtet ¹⁾.

Während diese Entdeckungen einerseits einen leicht begreiflichen Enthusiasmus erregten, wurden sie von Andern bezweifelt, von den Peripatetikern gelächelt und als teuflische Illusionen bezeichnet. Jakob Christmann, Prof. der Logik in Heidelberg, that noch 1612 in seinem *Nodus gordicus* den Ausspruch, daß der Ruf von den vier neuen Sternen um den Jupiter schon gänzlich schwände, weil sie ein Augenbetrug wären, und der Pater Clavius (Schlüssel, Jesuit, starb 1612 zu Rom) sagte, um die Jupitertrabanten zu sehen, müsse man erst ein Instrument haben, das sie erschaffe.

¹⁾ Libri, Hist. des math. IV, 227.

Im März 1611 ging Galilei nach Rom, und machte den Fürsten Cesi mit seinen Entdeckungen bekannt. Fürst Cesi war ein die Wissenschaft liebender Mann, der aus eigenen Mitteln eine Akademie gegründet hatte, die den sonderbaren Namen *Accademia dei Lyncei* führte, d. h. Akademie der Luchse, in Anspielung auf das angeblich scharfe Gesicht des Luchses, welches die Akademiker sich vermuthlich in wissenschaftlichen Dingen zum Zielpunkt ihrer Wünsche gestellt hatten. Galilei ward Mitglied dieser Akademie, und sehr bald hatte er Gelegenheit seine Luchseigenschaft zu bethätigen, indem er im J. 1612, wenn nicht das Mikroskop erfand, doch ein solches Instrument zuerst in Italien verfertigte. Ein solches von ihm hergestelltes Instrument sandte er im J. 1612 an Sigismund König von Polen.

91. Unter den drei Briefen, welche Galilei an Welser schrieb (s. § 86), ist besonders merkwürdig der dritte. Galilei läßt sich darin über verschiedene astronomische Gegenstände aus, und nimmt das kopernikanische System in Schutz. Siebenzig Jahre waren damals verflossen, seit Kopernikus sein weltberühmtes Werk der Oeffentlichkeit übergeben hatte, und noch war es der Kirche nicht eingefallen, darin etwas Verfängliches zu erblicken. Einzelne Männer, wie z. B. Tycho Brahe, hatten zwar einige Gewissenskrupel bei der Bewegung der Erde empfunden, allein diese Bedenken blieben doch innerhalb des Kreises der Astronomen, und hatten weiter keine Folge. Erst nachdem Galilei das kopernikanische System in Schutz genommen hatte, begann der unwürdige Kampf gegen dasselbe.

Ein Dominikaner Coccini eröffnete den Angriff, indem er 1613 auf das Heftigste gegen die kopernikanische Lehre predigte, und dieselbe als ketzerisch bezeichnete. Ja seine Ordensgenossen gingen in ihrer Unwissenheit so weit, daß sie behaupteten, Galilei sei der Verfasser dieses gefährlichen dem Kopernikus zugeschriebenen Werks. Galilei suchte die gegen ihn erhobenen Beschuldigungen in Briefen an verschiedene einflußreiche Personen zu widerlegen, und

wirklich gelang es ihm auch, unter den Vorurtheilsfreien einige Vertheidiger zu finden. So z. B. erließ der Karmelitermönch Foscarini 1615 einen Brief an seinen Ordensgeneral Fantoni, worin er nachwies, daß sich die Lehren des **Kopernikus** ganz füglich mit den Dogmen der Kirche vereinbaren ließen. Auch der Augustiner **Didacus a Stunica** von Salamanca, der schon 1584 in einem Kommentar zum Buche Hiob einen ähnlichen Versuch gemacht hatte, trat als Vertheidiger **Galilei's** auf.

Allein diese Vertheidigungsversuche machten den römischen Hof erst recht eifersüchtig auf die kopernikanische Lehre, und da die Dominikaner fortfuhren, **Galilei** auf das Aeufserste anzugreifen, so hielt es dieser für gerathen, im J. 1615 nach Rom zu gehen, und sich dort persönlich beim Papst Paul V. zu rechtfertigen.

Galilei suchte in Rom eine vernünftige Denkfreiheit auszuwirken, und stellte dem Papst u. A. vor, daß die Kirche ihr Ansehen aufs Spiel setze, wenn sie so ausgemachte Wahrheiten wie das kopernikanische System bestreite, oder gar unterdrücken wolle.

Der Papst hörte dies alles ganz gelassen an, und bezeugte auch **Galilei** seine persönliche Hochachtung, allein was die Entscheidung der Angelegenheit betraf, so gab er sie der sogenannten Kongregation des Index in die Hand. Diese Korporation fällte aber ein sehr ungünstiges Urtheil. Unter dem 20. Februar 1616 erließ sie ein Dekret, worin alle Bücher verboten wurden, welche da behaupteten, die Bewegung der Erde sei nicht der heiligen Schrift zuwider, und dem Kardinal Gaetano wurde der Auftrag gegeben, die Werke des **Kopernikus** und des **Didacus a Stunica** von allen Stellen zu reinigen, wo die Bewegung der Erde mit den Aussprüchen der Bibel verglichen wird.

Gradezu gegen **Galilei** wurde diesmal noch nichts verfügt; erst als derselbe anfang, seine Sache eifriger zu vertheidigen, und der Kardinal Orsini sich auch derselben hitzig annahm, da übergab der Papst die Entscheidung der heiligen Inquisition, welche denn auch nicht säumte,

Galilei's Meinung von der Bewegung der Erde für falsch und ketzerisch zu erklären. Dies geschah am 5. März 1616; merkwürdig genug zu einer Zeit, wo Keppler in Deutschland durch Auffindung seiner Gesetze die Wahrheit des kopernikanischen Systems auf's Unumstößlichste bewiesen hatte.

Galilei hielt sich nun nicht mehr für sicher in Rom, er kehrte am 23. Mai nach Florenz zurück, und ließ fürs Erste alle Beschäftigung mit dem Himmel bei Seite. Von 1616 bis 1630 wurde er auch nicht weiter vom römischen Hofe beunruhigt. Er lebte während deß, besonders seitdem der Großherzog Cosimo II., sein Beschützer, 1621 gestorben war, in ländlicher Abgeschiedenheit auf seiner Villa bei Arcetri ungestört seinen Freunden und seiner Wissenschaft, nur häufig sehr an Kränklichkeit leidend.

In diesem Zeitraum, nämlich im J. 1617, erfand er seine Testiera, ein Fernrohr für beide Augen, welches er auch Celatone nannte, weil er es an eine Haube, Celata, befestigte. Es ist dies zwar keine Erfindung von Belang, und es gebührt ihm auch nicht einmal die Priorität derselben, allein als Zeichen seiner Thätigkeit verdient sie doch genannt zu werden.

92. Mit dem Jahr 1630 beginnt der zweite Akt des Dramas, welches für Galilei einen so unglücklichen Ausgang nehmen sollte. Galilei beabsichtigte ein Werk über das Weltsystem herauszugeben, zu welchem er schon 1610 in Padua den Grund gelegt hatte. Um sich sicher zu stellen, ging er selbst nach Rom, um es dort der Censur zu unterwerfen. Durch die frommen Betheuerungen in der Einleitung dieses Werks und durch die täuschenden Vorstellungen seines Freundes, des päpstlichen Sekretärs Ciampoli, gelang es wirklich, das Imprimatur von der Censurbehörde zu erhalten.

Galilei hätte es nun in Rom können drucken lassen, allein da noch einiges am Manuskript fehlte, so nahm er es mit nach Florenz zurück, um es dort zu vollenden. Im J. 1631 brach aber die Pest in Florenz aus, und da nun

das Manuskript nicht nach Rom geschickt werden durfte, so ließ er es 1632 in Florenz drucken, zwar nicht ohne Censur der florentiner Inquisition, die aber weit nachsichtiger war als die römische.

Dies Werk war eine Vergleichung des ptolemaeischen Systems mit dem kopernikanischen, eingekleidet in Form eines Gesprächs zwischen drei Personen *Sagredo*, *Salviati* und *Simplicio*, und wie zu erwarten war, zog dabei *Simplicio*, der Vertheidiger des *Ptolemaeus*, den Kürzern. Hatte bis dahin das Feuer unter der Asche geschlummert, so wurde es nun zu hellen Flammen angefacht; von allen Seiten wurde *Galilei* angegriffen und der Ketzerei beschuldigt. Am wüthendsten benahm sich ein gewisser *Chiaramonti* aus Cesena, Professor zu Pisa, dem sich *Galilei* durch satirische Recensionen seiner früheren Werke verfeindet hatte. *Chiaramonti* setzte eine förmliche Klageschrift auf, die er, damit sie sicher ihre Wirkung thue, dem Neffen des Papstes, dem Kardinal Barberini, widmete.

Leider ward der Zweck nur zu vollkommen erreicht. Die Geistlichkeit verfiel auf den Gedanken, mit den ehrfurchtsvollen Versicherungen in der Vorrede habe *Galilei* ihrer Unwissenheit spotten wollen, und einige behaupteten sogar, mit dem *Simplicio* sei Niemand anders gemeint als der leichtgläubige Papst, der in den Druck des Werks eingewilligt habe.

Papst Urban VIII., der als Kardinal Maffeo Barberini ein persönlicher Freund von *Galilei* gewesen war, als solcher sogar die Entdeckung der mediceischen Sterne und der Sonnenflecke in Gedichten besungen hatte, ja noch im J. 1624, ein Jahr nach seiner Erhebung auf den päpstlichen Stuhl, *Galilei* freundschaftlich in Rom aufgenommen hatte, ward nun der erbittertste Gegner desselben. Durch eine aus lauter Feinden *Galilei's* zusammengesetzte Kongregation von Kardinälen, Theologen und Mathematikern, darunter auch *Chiaramonti*, ließ er *Galilei's* Werk streng untersuchen, und diese erklärte: Der Verfasser habe das vor 16 Jahren erlassene Verbot, das kopernikanische System

zu lehren, übertreten, das Buch sei das gefährlichste gegen Bibel und Religion, und der Autor müsse vor die Inquisition gezogen werden.

Demgemäß erhielt Galilei im November 1632 die Weisung vor diesem Tribunal zu erscheinen. Vergebens verwandte sich der Großherzog Ferdinand II. für ihn, und schützte sein Alter und seine Kränklichkeit vor. Es blieb dabei; Galilei mußte am 20. Jan. 1633 die Reise nach Rom antreten. Er erlitt vor seiner Verurtheilung keine so harte Behandlung, wie man wohl angegeben findet, im Gegentheil behandelte man ihn auch jetzt noch mit Auszeichnung. Man ließ ihn zwei Monate bei dem großherzogl. Gesandten wohnen, darauf räumte man ihm meublirte Zimmer im Inquisitionspalast ein, und erlaubte ihm sogar in halbverschlossener Kutsche in den Gärten der Villa Medici herumzufahren.

Aber in der Hauptsache blieb man unerbittlich. Am 22. Juni forderte man ihn aufs Neue vor Gericht, um den Stab über ihn zu brechen. Man behielt ihn den ganzen Tag und die folgende Nacht in der Inquisition, und am andern Morgen führte man ihn in das Dominikanerkloster Alla Minerva vor eine Versammlung von Mitgliedern der Inquisition, die von ihm verlangte, daß er, ein Siebenziger in bloßem Hemde stehend, die Lehre von der Bewegung der Erde abschwören und verfluchen sollte.

Bekanntlich war Galilei schwach genug, diesem entwürdigenden Ansinnen nachzugeben. Was ihn eigentlich dazu bewog, ist nicht recht bekannt, läßt sich auch wohl nicht mehr ermitteln, da ihm bei Strafe der Exkommunikation ein ewiges Stillschweigen über seine letzten Begegnisse im Inquisitionspalast geboten war. Es ist indess nicht erwiesen, daß man ihn die Tortur ausstehen ließ; vielleicht drohte man nur damit. Nach der Abschwörung wurde über Galilei das Urtheil gesprochen. Es verdammt ihn zur förmlichen Einkerkierung und legte ihm die Verpflichtung auf, drei Jahre lang wöchentlich einmal die sieben

Bußpsalmen zu beten. — Sein Werk wurde überdies streng verboten.¹⁾

Mit der Einkerkierung wurde es nun freilich nicht so ernstlich gemeint, im Gegentheil wurde diese bald in einen bloßen Hausarrest in der Villa Medici verwandelt, und selbst dieser ging einige Zeit hernach in eine Verweisung in den erzbischöflichen Palast zu Siena über. Etwas später erlaubte ihm der Papst sogar wieder auf seiner Villa zu leben, nur verbot er ihm musikalische und gelehrte Gesellschaften zu halten, oder große Mahlzeiten und andere Lustbarkeiten zu geben. Dabei blieb Galilei jedoch unter fortwährender polizeilicher Aufsicht der Inquisition, und erlitt unausgesetzt die schmachlichsten Angriffe von den Mönchen, welche jede Schrift von ihm unterdrückten. Im December 1633 bezog Galilei der erhaltenen Vergünstigung gemäß die Villa Bellosguardo bei Florenz, wo er von Seiten des Großherzogs und seiner Freunde sich der aufrichtigsten Theilnahme an seinem harten Schicksale zu erfreuen hatte.

Dies ist das Ende jener merkwürdigen Episode, die zwar immer noch glimpflich genug für Galilei ablief, nichts desto weniger aber doch einen unverilgbaren Schandfleck in der Geschichte des römischen Stuhles bildet, und andererseits ein erhebendes Beispiel der großen Wahrheit aufstellt, daß alle Waffen der Finsterniß das göttliche Licht der Vernunft nicht auszulöschen im Stande sind.

¹⁾ Gegen Anfang d. J. 1820 legte der Prof. der Astronomie an der Akademie della Sapienza zu Rom *Giuseppe Settele* die Handschrift seiner astronom. Vorlesungen der Behörde vor, und bat um Druckerlaubniß. Man wies ihn ab, weil er die Bewegung der Erde um die Sonne vertheidigte. Settele ließ sich indeß nicht irre machen, und wandte sich an die Inquisition mit der Bitte, eine dem jetzigen Zustand der Wissenschaft angemessene Erklärung von sich zu geben. Diese entschied nun zwar, der Druck des Werkes solle gestattet werden, zugleich aber erhielt Settele den Befehl in einer Anmerkung der Wahrheit gemäß hinzuzufügen, daß die Verfolgung, welche Galilei erlitten, nicht sowohl seinem Systeme als der von ihm geführten ungebührlichen Sprache zuzuschreiben sei. *Settele, Elementi di ottica e di astronomia, Roma II, p. 130; s. Conversat.-Lex. Aufl. 7, Artikel Astronomie.*

Im November 1634 zog Galilei nach dem Monte Rivaldi im Kirohspiel Arcetri, in dessen Bezirk er bis an sein Lebensende wohnen blieb, fortwährend mit seinen Lieblingswissenschaften beschäftigt, wovon u. A. eine Theorie der Mechanik, die er 1634 herausgab, ein redendes Zeugniß ablegt. Im J. 1637, als er schon auf einem Auge erblindet war, machte er seine letzte Entdeckung am Himmel; es war die Libration des Mondes, welche bekanntlich darin besteht, daß uns der Mond nicht stets genau dieselbe Hälfte seiner Oberfläche zuwendet, sondern der sichtbare Theil sowohl in Richtung von Ost nach West wie auch von Nord nach Süd ein wenig schwankt, und uns dadurch mehr als grade die halbe Mondoberfläche bekannt wird.

Vom J. 1637 an bildete sich bei Galilei der Staar auf beiden Augen aus, und sowie dies Uebel zunahm, mehrten sich bei ihm auch andere Leiden: Melancholie, Schlaflosigkeit und Gliederschmerzen; das Gehör hatte er theilweise schon 1626 verloren, im J. 1640 war er endlich völlig taub und blind. Glücklicherweise überlebte er diesen mitleidenswerthen Zustand nicht lange, er verschied in den Armen seiner beiden Schüler Torricelli und Viviani am 8. Jan. 1642 auf der Villa Giojello bei Arcetri an der Wassersucht im 78. Jahre seines so thätigen Lebens. Sein Leichnam wurde in der Kirche Santa Croce beigesetzt, dem Pantheon, wo fast alle großen Männer Toskanas nebeneinander ruhen.

93. Galilei war nicht verheirathet, er hatte aber aus morganatischer Ehe mit einer Venetianerin **Marina Gamba** zwei Töchter und einen Sohn **Vincenzo**, welcher darum in der Geschichte der Physik bemerkenswerth ist, weil er den Vater in den letzten Jahren bei seinen Arbeiten unterstützte, und der Erbe von dessen Handschriften wurde, die später nicht das beste Schicksal hatten. Schon **Vincenzo**, der bald hier bald dort Stadtrichter in kleinen Provinzialstädten war, konnte nicht sonderlich auf die Erhaltung dieses literarischen Nachlasses Bedacht nehmen, doch zer-

störte er denselben auch nicht muthwillig. Allein ein Sohn desselben Cosimo glaubte es seinem Gewissen schuldig zu sein, die Manuskripte seines Großvaters zu vernichten. Einen Theil derselben verbrannte er auch wirklich, und wahrscheinlich würde der Rest dasselbe Schicksal gehabt haben, wenn sich nicht Viviani, ein späterer Schüler Galilei's, der noch übrigen Schriften angenommen hätte.

Viviani, Baumeister unter Ferdinand II., beabsichtigte die Manuskripte herauszugeben, allein der bald hernach erfolgende Tod Ferdinand's II., und der Regierungsantritt Cosimo's III., mit welchem über Toscana wiederum eine für die Wissenschaften sehr feindselige Epoche hereinbrach, machte es nicht rathsam mit der Herausgabe vorzugehen. Viviani vergrub daher die Manuskripte in dem Keller seines Hauses; und er starb darüber weg, ohne sein Vorhaben ausgeführt zu haben.

Erst 1739, also 87 Jahre nach Galilei's Tod, als das Haus bereits an den zweiten Besitzer übergegangen war, wurden die vergrabenen Schriften wieder entdeckt. Schon war ein Theil derselben an Trödler verkauft, als es dem Ritter Nelli noch gelang, sie an sich zu bringen. Ein anderer Theil gerieth in die Hände des Arztes Felici, dessen Sohn sie dem Giov. Targioni Tozzetti, Oberaufseher der magliabecchischen Bibliothek einhändigte, welcher letztere sie nun zu seinem Werk: *Notizie degli aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana etc., Firenze 1780* benutzte.

Gegenwärtig wird noch eine ansehnliche Sammlung von Manuskripten Galilei's in der großherzogl. Bibliothek aufbewahrt. Seine sämtlichen Werke sind in immer vollständigeren Ausgaben erschienen: 1655 und 56 zu Bologna in 2 Vol. 4^o; dann 1718 zu Florenz in 3 Vol. 4^o; zu Padua 1744 in 4 Vol. 4^o; zu Mailand 1811 in 18 Vol. 8^o und 1842 bis 56 zu Florenz in 16 Vol. 8^o, letztere Ausgabe giebt auch das Datum der Arbeiten, so weit es bekannt ist.

94. Die Thatfachen und Ansichten, mit denen Galilei die Wissenschaft bereichert hat, sind so verschiedenartig und zahlreich, daß ich mich bei Auseinandersetzung der-

selben nothwendig auf eine Auswahl der wichtigeren beschränken muß. Man kann sie der besseren Uebersicht wegen in zwei Hauptklassen theilen, in die optisch-astronomischen und in die mechanischen.

Die ersteren die optisch-astronomischen Entdeckungen haben Galilei unter seinen Zeitgenossen einen weit größeren Ruf verschafft als die letzteren, und selbst in späteren Zeiten hat man sie wohl als den wichtigeren Theil seiner Verdienste bezeichnet. Indefs ist dem wohl nicht so. So viel Ehre und äußeren Gewinn sie auch Galilei gebracht haben, und so wichtig sie auch in der That für die Wissenschaft gewesen sind, so ist doch nicht zu läugnen, daß das persönliche Verdienst dabei nur gering war, daß diese Entdeckungen, nachdem einmal die Fernröhre erfunden waren, nothwendig sehr bald gemacht werden mußten, und daß es um sie zu machen nicht des Scharfsinns eines Galilei bedurfte, wie denn in der That mehrere dieser Entdeckungen ebenso früh oder kurze Zeit hernach von Personen gemacht sind, die hinsichtlich ihrer Geistesfähigkeiten kaum einen Vergleich mit Galilei ertragen können. Man vergleiche das über die Jupitermonde § 83 und die Sonnenflecke § 86 und 87 Gesagte.

Ganz anders verhält es sich mit den Entdeckungen Galilei's im Gebiet der Mechanik. Diese setzen einen Scharfsinn, eine Kraft und Freiheit des Urtheils voraus, wie sie nur Wenigen gegeben ist. Wir, die wir nicht in der aristotelischen Physik großgezogen sind, können uns schwer recht lebendig vorstellen, wie viel Selbstständigkeit des Denkens und welche Erfindungskraft dazu gehörte, um ein solches durch Jahrhunderte geheiligtes Lehrgebäude als falsch zu erkennen, und ein richtiges an dessen Stelle zu setzen. Den einzigen Maßstab dafür giebt uns die Zahl und das Talent der Männer, die bis zu Galilei's Zeiten in den Irrthümern befangen blieben, ja zum Theil noch nach Galilei darin verharrten.

Die Nachwelt hat, wie in so manchen Dingen, auch hier das richtige Urtheil gefällt, denn indem sie allgemein

in Galilei den Hauptbegründer der neueren Physik verehrt, geschieht dies nicht wegen seiner optischen und astronomischen Leistungen, sondern wegen seiner Verdienste um die Mechanik, um die Lehre vom Gleichgewicht und von der Bewegung, weil diese Lehre als die Basis der wissenschaftlichen Physik angesehen werden muß.

95. Galilei's Verdienste um die Mechanik. Ich habe bereits früher erwähnt, daß man zu Galilei's Zeiten in Betreff der Mechanik und ihrer Grundsätze ganz allein auf die *Questiones mechanicae* des Aristoteles beschränkt war, und daß man gegen dies älteste Werk, welches wir in der Bewegungslehre besitzen, eine wahrhaft abgöttische Verehrung hegte in dem Maße, daß man lieber seine Vernunft gefangen gab, als von den darin vorgetragenen Lehrsätzen abzuweichen wagte.

So hatte man damals noch keine Vorstellung davon, daß jede Bewegung, die durch eine einzige Kraft hervorgebracht worden, gradlinig ist, daß diese Bewegung in einerlei Richtung und mit einerlei Geschwindigkeit beharre, bis eine neue Kraft dieselbe ändert. Wenn man bei der gradlinigen Bewegung Körper zur Ruhe kommen sah, so schrieb man dies nicht fremden Kräften oder widerstehenden Mitteln zu, sondern man nahm an, die bewegende Kraft erlösche, etwa so wie die Wärme aus einem Körper entweicht, welcher von einem kalten Medium umgeben ist. Die kreisrunde Bewegung hielt man mit Aristoteles für die vollkommenste, und sah sie allein als unveränderlich an.

Im Allgemeinen theilte man die Bewegungen in natürliche und gewaltsame. Zu den natürlichen rechnete man die Bewegung der Planeten, welchen Aristoteles kreisförmige Bahnen zuschrieb, und die gradlinige Bewegung fallender Körper. Von dieser gradlinigen statuirte man wieder zwei Gattungen; eine, welche aus einem gewissen Appetitus zum Centrum des Universums erfolgen sollte, und eine andere, die man aus einer Abneigung gegen dieses Centrum hervorgehen ließ. Dies führte denn dahin, zwei entgegengesetzte Klassen von Körpern anzunehmen, schwere

und leichte. Zu den gewaltsamen Bewegungen rechnete man z. B. die Bewegung eines geworfenen Steins. Man nahm von diesen gewaltsamen Bewegungen an, sie seien den Qualitäten der Körper so zuwider, daß sie nur so lange Bestand hätten, als die Kräfte wirkten. Daher denn auch die Eintheilung der Bahn eines geworfenen Körpers in die gewaltsame, gemischte und natürliche.

Wie sehr diese Ansichten verschieden sind von unsern jetzigen offenbar richtigen, mag daraus erhellen, daß wir nach diesen annehmen, ein geworfener Körper, vorausgesetzt, daß Schwere und Widerstand der Luft nicht auf ihn einwirken, erleide keine Kraft von dem Augenblick an, wo er den Wurfapparat verläßt, und er setze seine Bewegung bloß fort in Folge der Trägheit oder des Unvermögens seinen Zustand zu ändern. Wir nehmen dies überhaupt von jeder gradlinigen und gleichförmigen Bewegung an.

Wenn ein Körper sich in grader Linie und mit stets gleicher Geschwindigkeit bewegt, so nehmen wir an, es habe wohl einmal eine Kraft auf ihn gewirkt, welche die Ursache seiner Bewegung ist, aber während er in dieser Bewegung beharrt, wirkt keine Kraft auf ihn, vielmehr beharrt er in dieser Bewegung bloß wegen des Unvermögens seinen Zustand zu ändern d. h. vermöge der Trägheit. Diese Annahme, welche ein Grundsatz der heutigen Mechanik ist, ist andererseits eine nothwendige Folge unseres Begriffs von Kraft.

Wir nennen Kraft dasjenige, was den Zustand der Körper ändert. In einer gradlinigen und gleichförmigen Bewegung giebt es aber nichts, was sich ändert, ebenso wenig wie bei der Ruhe, also bedarf es zur Unterhaltung dieser Bewegung keiner Kraft, so wenig wie zur Unterhaltung der Ruhe. Dies ist unsere heutige Definition.

Ganz anders waren aber in jenen Zeiten die Begriffe. Nach diesen war zu einer gradlinigen gleichförmigen Bewegung durchaus eine stete Wirkung der bewegenden Kraft erforderlich; ohne diese stete Wirkung der Kraft würde der Körper nach damaligen Begriffen sogleich zur Ruhe

gelangen. Eine solche stete Einwirkung der Kraft nahm man überdies auch bei den natürlichen Bewegungen an, nur lehrte man zugleich, bei diesen Bewegungen verzehrten die Kräfte sich nicht so wie bei den gewaltsamen. Da man nun schon die gleichförmige gradlinige Bewegung durch eine stete Einwirkung der Kraft erklärt hatte, so bedurfte man zu der beschleunigten Bewegung z. B. bei der eines fallenden Körpers noch besonderer Kräfte.

Wenn man einen Aristoteliker fragte, warum ein fallender Körper seine Geschwindigkeit immer vergrößert, je länger er falle, so war die Antwort, weil er von der Luft, die ihm folgt, fortwährend in jedem Augenblick einen neuen Antrieb zur Bewegung bekomme. Die Luft war also den Alten ein Mittel zur Beschleunigung der Bewegung, während wir gegenwärtig wissen, daß sie durch ihren Widerstand die Bewegung der Körper hemmt. Im luftleeren Raum würden nach den Lehrsätzen der Aristoteliker die Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit fallen, d. h. in gleichen Zeiten gleiche Räume durchlaufen, während uns durch Theorie und Erfahrung bekannt ist, daß sie dort erst recht mit der beschleunigten Geschwindigkeit fallen, welche ihnen durch die Schwerkraft eingeprägt wird.

Ebenso unklar oder unwissend war man in Betreff der Begriffe von Masse, Schwere und Gewicht. Eine Folge hiervon war, daß man glaubte, ein Körper, der z. B. achtmal mehr wiege als ein anderer, falle auch achtmal schneller als dieser.

Nicht minder verworren waren die Vorstellungen über die Erscheinungen bei Flüssigkeiten. Daß feste Körper beim Schwimmen auf Flüssigkeiten an Gewicht verlieren, und zwar soviel, als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt, wußte man seit Archimedes. Daß aber dieser Gewichtsverlust bei schwimmenden Körpern aus dem Druck entspringe, den die aus der Stelle gedrängte Flüssigkeit von unten nach oben ausübt, sah man nicht ein, weil Ari-

stoteles lehrte: Flüssigkeiten gravitiren nicht an ihrem natürlichen Ort.

Vom Luftdruck hatte man noch gar keine Idee, was um so merkwürdiger ist, als Mehrere und selbst Aristoteles der Luft ein Gewicht zuschrieben, und dieser sogar auf den Einfall gerieth, sie zu wägen. Wenn man daher Wasser in Pumpen oder durch Saugen in Röhren emporsteigen sah, so schrieb man dies mit Aristoteles dem Horror vacui, dem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume zu.

96. Von diesen und andern Irrthümern, welche neben etlichen richtigen Ansichten, deren ich in der Folge noch gedenken werde, in den mechanischen Fragen von Aristoteles vorgetragen werden, konnte sich selbst ein Mann nicht losreißen, der sonst viel helle Einsichten besaß, und in anderen Dingen als ein entschiedener Gegner der bloß philosophirenden Naturforschung der aristotelischen Schule auftrat, nämlich Lord Baco. Dies erhellt unter Anderem aus den Fragen, die er den Physikern in seinem Werke *Novum Organon*, Lond. 1620 vorlegt. Er meint, man solle untersuchen, welche Körper durch die Schwere bewegt würden, welche durch die Leichtigkeit und welche weder durch Schwere noch durch Leichtigkeit? Welches die Gränzen der Leichtigkeit seien? Ob die Luft zu den schweren oder leichten Körpern gehöre?

Noch mehr geht Baco's völlige Unkenntniß aller mechanischen Grundsätze hervor aus den vielen Arten von Bewegungen, die er für nöthig hält, zu unterscheiden. Er nimmt nicht weniger als 19 verschiedene Arten davon an, und darunter figurirt auch eine Bewegung aus Abscheu vor Bewegung! Und doch gehörte Lord Baco zu den aufgeklärtesten Männern seiner Zeit, der sich namentlich dadurch, daß er seinen Zeitgenossen die Richtigkeit und Unentbehrlichkeit des Experiments in der gesammten Naturforschung einleuchtend zu machen suchte, gewiß schon ein bleibendes Denkmal gestiftet hat, ja dem einige, besonders englische, Historiker als einen der vorzüglichsten Wiederhersteller der Naturlehre betrachten.

Dieser Francis Baco war der jüngste Sohn von Sir Nikolaus Baco, geb. zu Yorkhouse in London am 22. Januar 1561 und auf der Universität Cambridge für die juristische Laufbahn gebildet. Seine glänzende Persönlichkeit, die ihm schon im 28. Jahr die Stellung eines außerordentlichen Rathes bei der Königin Elisabeth verschaffte, führte ihn schnell von einer Staffel des Ruhmes zur andern, bis am Ende im J. 1619 zu der höchsten Würde, die neben dem Königsthron in England zu erklimmen ist, zur Würde des Lordgroßkanzlers von England, welche ihm zugleich den Titel Baron von Verulam erwarb, zu dem ein Jahr darauf noch der Viscount von St. Alban hinzukam.

Diese hohe Würde bekleidete er aber nicht lange. Schon 1621 ward er vom Parlament angeklagt, Aemter und Privilegien unter dem Staatssiegel für Geld verliehen zu haben. Er konnte diese mehr aus Schwäche denn aus Habsucht begangenen Verbrechen nicht läugnen, er wurde daher seiner Würden entsetzt, für unfähig zur Bekleidung irgend eines öffentlichen Amtes erklärt, überdies zur Zahlung von 40000 Lstrl. und zu lebenslänglicher Einkerkierung in den Tower verurtheilt. Die Einkerkierung wurde freilich nicht lange hernach durch die Gnade seines Gönners, des Königs Jakob I., aufgehoben, ja dieser setzte ihm sogar eine Pension von 1800 Lstrl. aus, allein seine Würden erlangte er doch nicht wieder, und der Gram über seinen Sturz ließ ihn denselben nicht lange überleben. Er starb am 9. April 1626 zu Highgate.

Baco's Hauptwerk führt den Titel *Novum Organon scientiarum* und erschien 1620, ein Jahr vor dem Fall des Verfassers. Es hat Baco unter seinen Zeitgenossen einen und mit Recht verdienten großen Ruf, sowie auf seinem Grabe die Inschrift *Lumen scientiarum* erworben, kann ihm aber doch keinen Anspruch gewähren auf den Titel eines Begründers der neueren Physik. Baco selbst hat den Weg des Experiments nicht betreten, wenigstens nicht mit Erfolg. Er empfahl ihn nur seinen Zeitgenossen und wirkte dadurch

allerdings wohlthätig, besonders auf seine Landsleute, allein er empfahl diesen Weg zu einer Zeit, als Galilei längst die Schranken der aristotelischen Physik durchbrochen hatte. Uebrigens kannte Baco ein Jahr vor dem Erscheinen des *Novum Organon* die bis dahin publicirten und nicht publicirten Werke Galilei's.¹⁾

97. Um nach dieser Diskussion auf Galilei zurückzukommen, so war der erste Angriff desselben auf die aristotelische Mechanik gegen den Satz gerichtet, daß sich die Geschwindigkeit fallender Körper wie deren Gewicht verhalte, daß also ein Körper, der n mal mehr wiegt als ein anderer, auch n mal schneller falle als dieser. Auf die Unrichtigkeit dieses Satzes, sagt man, wurde Galilei zuerst durch zufällige Beobachtungen an den schwingenden Kronleuchtern im Dom zu Pisa geleitet. Er beobachtete nämlich, daß große und kleine Kronleuchter, sobald sie nur an Ketten von gleicher Länge hingen, ihre Schwingungen in gleicher Zeit vollbrachten. Aus dieser Erscheinung zog Galilei den Schluß, daß Körper von großem und kleinem Gewicht gleich schnell fallen, oder das Gewicht der Körper keinen Einfluß auf die Fallgeschwindigkeit habe.

Dieser judiciose Schluß des damals 19jährigen Jünglings ist kein geringer Zug seines Genies, denn Tausende giebt es noch heute, die Pendel schwingen sehen, ohne dabei zur Einsicht zu gelangen, daß das Schwingen ein Fallen ist, und das mußte sich Galilei vorweg klar gemacht haben, ehe er aus der gleichen Dauer der Schwingungen großer und kleiner Massen den Schluß auf die Fehlerhaftigkeit des erwähnten aristotelischen Princips machen konnte.

Galilei hätte hierbei stehen bleiben können, denn dieser Satz war durch die gleiche Dauer jener Schwingungen vollkommen widerlegt. Allein er begnügte sich nicht dabei, sondern bemühte sich, die Unrichtigkeit desselben auf

¹⁾ Libri, Hist. des math. IV, 160. 466.

direktere Weise darzuthun, theils durch Vernunftschlüsse, theils durch Versuche. Seine Schlüsse sind einfach und sinnreich. Er sagt: man denke sich die Masse, die fallen soll, in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilt. Jeder Theil wird offenbar gleichzeitig mit den übrigen den Boden erreichen, und alle werden ihre Lage gegen einander behalten. Wenn sie aber während des Falles ihre Lage zu einander behalten, was sollte sich ändern, wenn alle Theile zu einem Ganzen vereinigt wären. Offenbar nichts! und folglich muß eine große Masse ebenso schnell fallen wie eine kleine.

Es ist dies einer der einfachsten und überzeugendsten Beweise, den man von dem in Rede stehenden Satz geben kann; gelehrter und allgemeiner ist allerdings der Beweis, welcher sich aus dem Begriff der Masse und deren Verhältnisse zu den Kräften ergibt.

Die Versuche Galilei's zur Bestätigung des Satzes vom gleichen Falle großer und kleiner Körper waren zweierlei Art. Einmal ließ er von dem schiefen Thurm in Pisa Kugeln von verschiedenem Gewicht herabfallen, und dabei fand er, daß sie alle gleichzeitig den Boden erreichten, sobald sie nur nicht zu sehr im specifischen Gewicht verschieden waren, und kein zu geringes specifisches Gewicht besaßen, damit der Widerstand der Luft nicht bedeutend einwirken konnte. Späterhin stellte Galilei in Padua auch Versuche mit Pendeln von verschiedenen Gewichten an, sowie mit Massen von verschiedenem Gewicht, die er auf einer schiefen Ebene herabrollen ließ. Es waren dies nur Verfeinerungen der ursprünglich an den Kronleuchtern in Pisa gemachten Beobachtungen.

Ebenso fehlerhaft, wie in Betreff des Einflusses des Gewichts auf den freien Fall der Körper, waren die Vorstellungen über die Beschleunigung bei diesem Fall. Daß ein Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit falle, konnte natürlich nicht unbekannt sein, aber nach welchem Gesetz die Geschwindigkeit während des Falles zunehme, darüber hatte man zu Galilei's Zeiten ebenso verkehrte Ideen wie über die Ursache dieser Beschleunigung.

Im Allgemeinen war man zu Galilei's Zeit der Meinung, daß wenn v und v' die Geschwindigkeiten, s und s' die zurückgelegten Wege zweier fallenden Körper bedeuten, sich verhalten

$$v : v' = s : s'.$$

Diese Meinung scheint auf den ersten Blick ganz natürlich zu sein, und auch Galilei war ihr anfänglich zugehan. Allein bald erkannte er, daß sie falsch sei, ja daß sie sogar einen Unsinn einschliesse. Man kann dies heutigen Tags sehr leicht nachweisen, denn Galilei's Beweis war nicht so einfach. Es ist nämlich allgemein, wenn noch t die Zeit bezeichnet: $ds = v dt$.

Ist nun $v = cs$, so ist $ds = cs dt$,

daraus $\frac{ds}{s} = c dt$, mithin $\log \text{ nat. } s = ct$;

aber für $s = 0$ wird $t = \infty$,

also ist, um den Raum o zu durchlaufen, die Zeit unendlich groß, und es kommt in der Voraussetzung $v = cs$ gar keine Bewegung zu Stande, es bleibt auch die Geschwindigkeit $= 0$.

Andere Physiker des XVI. Jahrhunderts hatten noch irrigere Meinungen, und stellten noch complicirtere Gesetze auf. Es sollten sich nämlich die Fallräume für gleiche Zeiten verhalten wie die Segmente des goldenen Schnitts, also $s : s' = s' : (s + s')$.

98. Nach längerem Nachdenken darüber, welches Gesetz wohl den freien Fall der Körper reguliren möchte, kam Galilei auf die Hypothese, daß nicht

$$v : v' = s : s', \text{ sondern}$$

$$v : v' = t : t' \text{ sei.}$$

Die Schlüsse, durch welche Galilei auf diesen Satz gerieth, zeigen uns wieder den Mann von Talent, denn ehe er zu diesem Satz gelangen konnte, mußte er sich klar gemacht haben, wie überhaupt ein Körper in seinem Falle beschleunigt werden könne.

Wie ich bereits erwähnt habe, glaubten die Aristoteliker, daß für die Unterhaltung einer gleichförmigen Be-

wegung schon eine stete Einwirkung der Kraft nöthig sei, und um die ungleichförmige, die beschleunigte Bewegung zu erklären, waren sie daher gezwungen, eine Hülfskraft hinzutreten zu lassen. Eine solche Hülfskraft glaubten sie in der Luft gefunden zu haben. Sie nahmen an, hinter dem fallenden Körper entstehe ein Vakuum, und indem die Luft rasch in dasselbe eindringe, ertheile sie dem fallenden Körper in jedem Augenblick einen neuen Impuls zur Bewegung.

Galilei sah richtig ein, daß die Luft mit dem Fall der Körper unmittelbar nichts zu schaffen habe, sondern daß sie nur ein äußeres, störendes Mittel für denselben sei. Er hatte zuerst den richtigen Gedanken, daß eine beschleunigte Bewegung ganz allein durch eine stete Einwirkung der bewegenden Kraft erfolgen müsse, also der beschleunigte Fall der Körper ganz allein durch eine stete Einwirkung der Schwerkraft. Und mit dieser Einsicht von der beschleunigten Bewegung war denn auch die Erklärung von der gleichförmigen Bewegung gegeben. Galilei war der erste, welcher einsah, daß zur Unterhaltung, zur Fortsetzung einer gleichförmigen Bewegung keine Kraft erforderlich sei.

Nach dieser Ansicht von der Ursache der beschleunigten Bewegung gelangte Galilei nun leicht zu dem Satz, daß sich die Geschwindigkeiten wie die Zeiten verhalten:

$$v : v' = t : t'.$$

Er dachte sich nämlich, der fallende Körper erhalte in jedem Zeitpunkt seines Falles einen neuen Antrieb von der Schwerkraft, einen neuen Anwuchs von Geschwindigkeit, und zwar einen ebenso großen wie der, welchen er bereits im ersten Momente seines Falles erhalten hatte, und daß sich dann dieser Anwuchs zu der Geschwindigkeit addire, welche der Körper bereits besitze. Gewiß ist dies die einfachste natürlichste Hypothese, die man machen kann, und sie wird auch vollkommen von der Erfahrung bestätigt. Aber der Satz bedarf auch der Bestätigung von Seiten der Erfahrung, ohne sie wäre er in der That nichts

als eine Hypothese, er gehört keineswegs zu denen, deren Richtigkeit sich a priori einsehen läßt. Er ist ein reiner Erfahrungssatz wie die meisten oder eigentlich alle physikalischen Gesetze.

Der Satz, daß ein fallender Körper während seines Falles in jedem Zeitpunkt einen ebenso großen Zuwachs an Geschwindigkeit bekommt, als er im ersten Moment seiner Bewegung erhielt, setzt voraus, daß der Geschwindigkeitsgrad, den der fallende Körper bereits besitzt, die Einwirkung der Schwerkraft auf den Körper nicht abändert. Ob nun aber diese Voraussetzung richtig sei oder nicht, läßt sich a priori nicht entscheiden. Wir sehen sogar in vielen Fällen das Gegentheil eintreten, z. B. überall da, wo ein Körper seine Bewegung durch einen anderen bereits bewegten Körper empfängt.

Eine Kugel *A* die hinter einer anderen *B* herfliegt, ertheilt dieser einen um so größeren Stoß und folglich eine um so schnellere Bewegung, je kleiner die Geschwindigkeit ist, welche diese bereits besaß. Ebenso wirkt der Wind auf die Flügel einer Windmühle oder die Segel eines Schiffs desto weniger ein, je größer die Schnelligkeit ist, welche die Flügel oder Segel schon besitzen. Ganz ebenso verhält es sich mit der Wirkung des Wassers auf die Schaufeln eines Mühlrades.

Daß es sich nun bei den Bewegungen, welche Körper durch in distans wirkende Kräfte, namentlich durch die Schwerkraft, ganz anders verhält, daß bei diesen die Einwirkung auf die Körper nicht von der Geschwindigkeit, welche diese bereits besitzen, abgeändert wird, davon läßt sich die Nothwendigkeit nicht a priori einsehen; wir müssen daher zur Erfahrung greifen, um uns von der Wahrheit des in Rede stehenden Satzes zu überzeugen. Dasselbe fühlte auch Galilei, und daher hielt er seinen Satz auch nicht eher für richtig, als bis er ihn durch Versuche bewährt gefunden hatte.

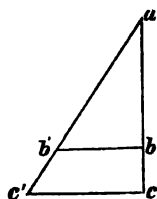
Der Satz: die Geschwindigkeiten sind proportional den Fallzeiten ($v : v' = t : t'$), läßt sich aber direkt nicht

durch die Erfahrung nachweisen, weil es unmöglich ist die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in jedem Zeitpunkt zu messen, allein indirekt kann es geschehen, indem aus diesem Satz ein anderer abgeleitet werden kann, der einer unmittelbaren Bestätigung durch die Erfahrung fähig ist, nämlich der Satz, daß die Fallräume wie die Quadrate der Zeiten sich verhalten:

$$s : s' = t^2 : t'^2.$$

Galilei leitete diesen zweiten Satz auf eine sehr einfache und anschauliche Weise aus dem ersten ab. Es stelle ac (Fig. 4) eine beliebige Fallzeit und ab irgend

Fig. 4.



einen Theil in derselben vor, ferner seien durch die in b und c errichteten Senkrechten bb' und cc' die Geschwindigkeiten in diesen Punkten bezeichnet; dann wird, da sich die Geschwindigkeiten wie die entsprechenden Fallzeiten, d. h. $bb' : cc' = ab : ac$ verhalten sollen, der Endpunkt b' in der Linie ac liegen müssen, und dasselbe gilt von jeder auf ac errichteten Senkrechten, welche die Geschwindigkeit in ihrem Fußspunkt darstellt. Da nun in jedem Punkt von ab und ac eine solche Senkrechte anzunehmen ist, so wird die Summe aller Senkrechten die Dreiecke abb' und acc' geben, und wir erhalten $\Delta abb' = \frac{1}{2} bb' \cdot ab = \frac{1}{2} vt$ und $\Delta acc' = \frac{1}{2} cc' \cdot ac = \frac{1}{2} v't'$, wenn unter v, v' wieder Geschwindigkeiten und unter t, t' Fallzeiten verstanden werden. Allein die Dreiecke repräsentiren als die Summe aller nach einander eingetretenen Geschwindigkeiten die vom fallenden Körper durchlaufenen Wege s und s' , so daß man schließlich erhält:

$$abb' : acc' = s : s' = \frac{1}{2} vt : \frac{1}{2} v't' = t^2 : t'^2$$

wenn man statt $v : v'$ das gleiche Verhältniß $t : t'$ setzt.

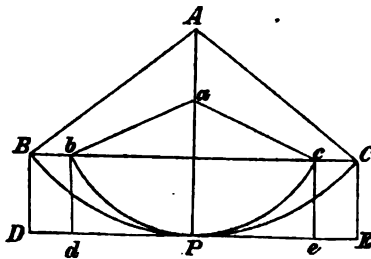
99. Der Satz $s : s' = t^2 : t'^2$ könnte durch den freien Fall eines Körpers erwiesen werden; man brauchte dazu nur einen Körper von bedeutendem specifischen Gewicht aus einer beträchtlichen Höhe herabfallen zu lassen, und die Fallräume nebst den dazu gehörigen Fallzeiten genau

zu messen. Allein die Geschwindigkeit fallender Körper ist auf unserer Erde sehr groß, so groß, daß wenn ein richtiges Resultat erlangt werden soll, eine große Genauigkeit bei der Messung angewandt werden muß; eine Genauigkeit, wie sie nur sehr schwer zu erreichen ist, und namentlich mit den Mitteln, die Galilei und seiner Zeit zu Gebote standen, ganz unerreichbar sein mußte.

Allein Galilei wußte sich zu helfen und auf eine Art, die ebenso ehrenvoll für ihn als lehrreich für Andere ist. Er suchte nämlich nach einem Mittel die Fallgeschwindigkeit der Körper zu verlangsamen, und ein solches fand er nach einigem Nachdenken in der Anwendung der schiefen Ebene. Ehe er aber davon Gebrauch machen konnte, mußte er untersuchen wie eine solche Ebene den freien Fall der Körper abändere.

Dies that er mittelst des Pendels. Er hing eine Bleikugel an einem Faden AP (Fig. 5) auf und lenkte sie bis B ab; losgelassen schwang sie nun durch den Bogen BP

Fig. 5.



und stieg auf der andern Seite zu einer Höhe CE auf, die der, von welcher sie herabgefallen war, d. h. BD gleichkam. Nun verkürzte er den Faden bis a und lenkte die Kugel ab bis b , so daß $bd = BD$; ließ er sie jetzt los, so beschrieb sie den

Bogen bP und stieg auf der anderen Seite bis c . Aber die Höhe ce war $= bd = BD = CE$. Hieraus schloß Galilei, die Kugel müsse in beiden Fällen in P eine gleiche Geschwindigkeit erlangt haben, weil sie sonst nicht hätte bis zu der gleichen Höhe $ce = CE$ ansteigen können. Er schloß dann ferner, es sei sehr wahrscheinlich, daß dasselbe auch stattfände, wenn die Bogen BP , bP in grade Linien übergingen, d. h. daß die Körper beim Herabfallen auf verschiedenen schiefen Ebenen in einerlei Horizontalebene auch einerlei Geschwindigkeit

hätten, nämlich dieselbe, die sie in dieser Horizontalebene auch durch den senkrechten Fall erlangt haben würden.

Dieser Schluß galt offenbar nicht bloß für eine Horizontalebene DE , sondern auch für jede andere, welche durch die schiefen Ebenen gelegt wird. Wenn aber für jede dieser Horizontebenen die Geschwindigkeit beim Fallen auf den schiefen Ebenen ebenso groß ist, als beim senkrechten Fall, so muß nach dem Satz: $s = \frac{1}{2}vt$ die Fallzeit in dem Maße zunehmen, als die schiefe Ebene sich mehr gegen den Horizont neigt, weil sie in demselben Maße an Länge zunimmt. Kurz, Galilei kam durch diese Schlußfolgerung zu dem Resultat, daß der Fall eines Körpers auf einer schiefen Ebene ganz nach dem Gesetz des freien Falls geschehe, also daß auch hier

$$s : s' = t^2 : t'^2,$$

nur mit dem Unterschied, daß die Zeiten größer sind als für gleiche Fallhöhen beim senkrechten Fall.

Nachdem Galilei dies Resultat gefunden, ging er ans Experiment. Er ließ eine 12 Ellen lange Latte auf der einen Seite mit einer Rinne versehen und stellte sie in geneigter Lage hin, so daß die Höhe an dem erhobenen Ende $\frac{1}{12}$ von der Länge der ganzen Ebene betrug. Eine in der Rinne herabrollende Kugel mußte also einen 12mal längeren Weg durchlaufen als sie beim freien Fall durchlaufen haben würde, um dieselbe Geschwindigkeit zu erlangen, oder anders gesagt, die Bewegung war 12mal verlangsamt.

Die herabrollende Kugel war von Messing und polirt, und die Rinne, um sie recht glatt zu haben, mit Pergament ausgelegt. Zur Messung des Weges auf der schiefen Ebene war die Rinne mit einer Skala versehen, und in Ermangelung einer Uhr wurde die Zeit durch die Gewichtsmenge von Wasser gemessen, die aus einem weiten Gefäß durch eine enge Oeffnung abfloß. Mittels dieses ganz zweckmäßigen, obwohl nicht grade die letzte Genauigkeit verbürgenden Apparats, fand nun Galilei durch wiederholte

Messungen wirklich das aus seinen Schlüssen gefolgerte Gesetz

$$s : s' = t^2 : t'^2$$

bestätigt, so daß also, wenn die Zeiten

$t = 1, 2, 3, 4 \dots$ sind, die entsprechenden Fallräume

$s = 1, 4, 9, 16 \dots$ sich ergeben.

Durch die Feststellung dieses Gesetzes war auch zugleich das andere ferner liegende $v : v' = t : t'$ bestätigt, und mithin waren denn auch die beiden bis dahin nur hypothetischen Sätze zu Erfahrungsdaten erhoben, also

1) daß ein fallender Körper während seines Falles in jedem gleich großen Zeitmoment einen gleich großen Zuwachs an Geschwindigkeit bekommt;

2) daß die Schwerkraft auf ruhende Körper wie auf bewegte, wie groß auch deren Geschwindigkeit sein möge, mit gleicher Stärke einwirkt.

Alle diese Wahrheiten fand Galilei schon 1602, aber durch den Druck veröffentlichte er sie erst 1638 in seinen *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica etc. Leida 1638*. Galilei hat sie zwar nicht in ganzer Schärfe bewiesen, aber doch so weit, daß sie in hohem Grade als richtig erscheinen müssen, auch sind sie durch die schärferen und allgemeinen Methoden der späteren Mathematiker und Physiker nur bestätigt worden.

Es ist übrigens bei den angeführten Schlusfolgerungen und Versuchen abgesehen vom Widerstand der Luft, und auch stillschweigend die Voraussetzung gemacht, daß die Schwerkraft längs der ganzen Fallhöhe mit gleicher Stärke wirke. Der Widerstand der Luft konnte indess von Galilei vernachlässigt werden, weil er Körper von bedeutendem specif. Gewicht, nämlich Messing, anwandte, und sie nur eine verhältnißmäßig geringe Geschwindigkeit annehmen ließ, und was andererseits die Voraussetzung von der Konstanz der Schwere betrifft, so war auch die erlaubt, da die Körper von keiner großen Höhe herabfielen. An die Abnahme der Schwere mit der Höhe oder der Entfernung

vom Erdmittelpunkt zu denken hatte Galilei keine Veranlassung.

Der früher angeführte Beweis, daß der Fall auf einer schiefen Ebene sich aus den Pendelschwingungen ableiten lasse, und nach gleichem Gesetze erfolge wie der freie senkrechte Fall, ist Einwürfen ausgesetzt und wird schon deshalb gegenwärtig nicht gebraucht. Indefs auch Galilei blieb nicht bei demselben stehen, sondern suchte 1639 einen anderen auf, den uns der Arzt Monconys in seinen *Voyages etc., Paris 1695* aufbewahrt hat. Dieser Beweis ist ganz identisch mit dem heut gebräuchlichen, der auf einer Zerlegung der Kräfte beruht.

Ist auf der schiefen Ebene ABC (Fig. 6) das volle Gewicht des Körpers ac , so ist der Theil, welcher den Körper längs AC hinabtreibt $= ab$, aber

$$ac : ab = AC : AB = 1 : \sin \gamma.$$

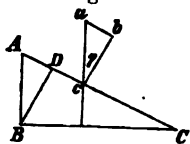
Da dieselbe Masse, welche beim freien senkrechten Fall durch die Kraft ac , das volle Gewicht des Körpers, angetrieben wird, hier aber nur durch $ab = ac \sin \gamma$ angegriffen wird, so muß offenbar die Bewegung längs AC im Verhältniß $1 : \sin \gamma$ langsamer erfolgen als längs der Vertikalen.

Umgekehrt, wenn durch Erfahrung oder Theorie nachgewiesen ist, daß die Bewegung auf AC im Verhältniß $AC : AB$ oder $1 : \sin \gamma$ langsamer ist als längs AB , so folgt, daß die Stärke der Kraft, welche auf dieselbe Masse wirkt, proportional ist der Geschwindigkeit.

100. Aus den Gesetzen des Falles auf der schiefen Ebene leitete Galilei noch einige bemerkenswerthe Folgerungen her.

So zunächst, daß in gleichen Zeiten die durchfallenen Wege auf der schiefen Ebene und in der Senkrechten sich verhalten wie $AB : AC$ (Fig. 6). Wenn man daher BD senkrecht auf AC zieht, so werden auch die Wege AB und AD in gleicher Zeit zurückgelegt, denn $AB : AC = AD : AB$. — Indem er nun diesen Satz verallgemeinerte,

Fig. 6.



so folgte er, daß alle Sehnen eines Kreises in gleichen Zeiten durchfallen werden, und zwar in derselben Zeit, in welcher der Fall durch den senkrechten Durchmesser geschieht. In der That, wenn man sich über AB einen Halbkreis geschlagen denkt, so wird derselbe durch den Punkt D gehen, und jede von A an den Kreisbogen gezogene Sehne wird dieselbe Eigenschaft besitzen wie AD , d. h. eine Kugel wird längs der Sehne und längs AB in derselben Zeit sich bewegen.

Auch aus den Gesetzen des freien Falles zog Galilei ein Paar interessante Schlüsse, nämlich:

daß die Wege, welche in gleich großen aufeinander folgenden Zeitabschnitten durchfallen werden, sich verhalten wie die ungraden Zahlen. Sind die

Zeiten von Anfang 1, 2, 3, 4, 5 ... so sind die zugehörigen Wege . . . 1, 4, 9, 16, 25... mithin die Wegedersichfolgenden Zeiten 1, 3, 5, 7, 9.

Galilei bewies dies geometrisch. Wenn in dem rechtwinkligen Dreieck aff' (Fig. 7) $ab = bc = cd = de = ef'$

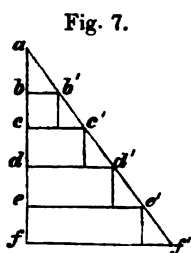


Fig. 7.

gleiche Zeiten vorstellen und die Senkrechten auf af wieder (s. § 98, Fig. 4) die jedem Zeitpunkt entsprechenden Geschwindigkeiten, so werden die Figuren abb' , $bb'cc'$, $cc'dd'$ u. s. w. die Fallräume in den sich folgenden Zeitabschnitten versinnlichen, zugleich ist auch ersichtlich, daß dieselben der Reihe nach in dem

Verhältniß 1:3:5:7 u. s. w. stehen.

Ein anderer wichtiger Schluß ist der, daß wenn ein fallender Körper nach der Zeit t die Geschwindigkeit v erlangt hat, und nun die Schwerkraft plötzlich zu wirken aufhörte, der Körper mit der gleichförmigen Geschwindigkeit v fortgehen und mit derselben in der Zeit t einen doppelt so großen Weg zurücklegen würde, als der Fallraum in der Zeit t betrug, oder kurz: die Geschwindigkeit ist in jedem Punkt doppelt so groß als der bis dahin durchfallene Raum, wobei die Dauer des Falles als Zeiteinheit zu nehmen ist.

Die Richtigkeit dieses Schlusses ergibt sich leicht aus der Betrachtung der Figur 7. Ist ab die Zeiteinheit, bb' die Geschwindigkeit im Moment b , so ist der vermöge dieser Geschwindigkeit im zweiten ebenso großen Zeittheil bc durchlaufene Raum das Parallelogramm $b'c$, welches doppelt so groß ist, wie der im ersten Zeitabschnitte beschriebene Raum, nämlich das Dreieck abb' . Ist der Körper zwei Zeittheile hindurch gefallen, so hat er die Geschwindigkeit cc' erlangt, und mit dieser abermals zwei Zeittheile gleichförmig fortgehend, würde er das Parallelogramm $c'e$ beschreiben, welches doppelt so groß ist, als das durch den freien Fall entstandene Dreieck acc' . In ähnlicher Weise lässt sich überall der in Rede stehende Nachweis führen.

101. Wichtiger noch als die eben genannten Sätze ist die Auflösung eines Problems, zu welchem Galilei ebenfalls in Folge der Fallgesetze geleitet wurde. Es war dies das Problem von der Bahn geworfener Körper, über welches man zu seiner Zeit so verkehrte Vorstellungen hatte, und an dessen Lösung selbst der Scharfsinn eines Tartaglia gescheitert war (§ 56). Die Auflösung, welche Galilei gab, war freilich auch keine allgemeine, und auch insofern von keinem direkten Nutzen für die praktische Ballistik, als er bei der Wurfbewegung nur den ideellen Fall einer Bewegung im luftleeren Raum betrachtete, aber diesen Fall faßte er doch in seinen Hauptzügen richtig auf.

Alle die Sätze, welche die Theorie der Wurfbewegung im luftleeren Raum einschließt, und welche eine so allgemeine Anwendung in der ganzen Mechanik finden, alle diese verdanken wir Galilei:

1) daß jeder Körper, er ruhe oder bewege sich, in diesem Zustand beständig verbleiben müsse, so lange er nicht durch eine Ursache, Kraft, aus demselben versetzt werde. Dies ist das berühmte Gesetz der Trägheit, von dem Keppler nur die erste Hälfte erkannte, daß nämlich ein ruhender Körper nicht von selbst in Bewegung gerathen könne (§ 71);

2) daß jede Veränderung in der Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung durch eine bewegende Kraft geschehe und ihr proportional sei;

3) daß, wenn gleichzeitig zwei gleich große Kräfte in diametral entgegengesetzten Richtungen auf einen Körper wirken, derselbe in Ruhe bleibe;

4) daß, wenn diese entgegengesetzten Kräfte ungleich groß sind, eine Bewegung erfolgt in Richtung der größeren Kraft und zwar proportional ihrem Ueberschuß; und endlich

5) daß, wenn gleichzeitig zwei Kräfte auf einen Körper wirken, die einen Winkel miteinander machen, der Körper die Diagonale eines Parallelogramms durchläuft, dessen Seitenlinien die Richtung und Größe der beiden Kräfte vorstellen, und daß er diese Diagonale in derselben Zeit durchläuft, in welcher er die eine oder andere Seitenlinie durchlaufen haben würde. Dies ist der so überaus wichtige Satz vom Parallelogramm der Kräfte, oder wie man heutigen Tages auch sagt, von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

Was den letzten Satz betrifft, so ist freilich nicht zu läugnen, dass sich einige dunkle Andeutungen oder specielle Anwendungen von demselben schon vor Galilei nachweisen lassen, sogar schon bei Aristoteles in seinen Quaest. mechan. für den Fall der Rechtwinkligkeit der Kräfte; ferner bei Fracastoro in dessen Werk *De stellis*, welches 1540 erschien (§ 57), endlich bei Simon Stevin, einem ingeniosen holländischen Mathematiker und Zeitgenossen Galilei's. Stevin, den ich künftig noch näher betrachten werde (s. § 107), hat 1586 zu Leyden ein Werk unter dem Titel: *De Beghinselen der Weegkonst* herausgegeben, worin allerdings der Satz ausgesprochen wird, daß drei Kräfte einander das Gleichgewicht halten, wenn sie in Größe und Richtung sich wie die Seiten eines Dreiecks verhalten. Denkt man sich nämlich das Dreieck zu einem Parallelogramm ergänzt, so erkennt man sogleich Galilei's Parallelogramm der Kräfte, in welchem die Diagonale die eine Dreiecksseite ist, welche die Resultirende der beiden

andern vorstellt, und wenn sie in derselben Gröfse entgegengesetzt genommen wird, Gleichgewicht hervorbringt.

Allein es ist wohl dabei zu bemerken, daß Stevin diesen Satz, den er übrigens nicht bewiesen hat, immer nur in statischer Beziehung ins Auge faßt. Er sagt niemals, daß die eine dieser drei in Gleichgewicht stehenden Kräfte, wenn sie allein wirkte, eine Bewegung hervorbrächte, die von gleicher Gröfse und entgegengesetzter Richtung wäre wie die, welche die beiden anderen Kräfte hervorbringen würden.

102. Keiner von den Vorgängern Galilei's auf diesem Felde hat demnach die Bedeutung des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte vollständig aufgefaßt, und denselben zur Erklärung zusammengesetzter Bewegungen angewandt. Dieses Verdienst gebührt allein Galilei, und daher muß er mit Recht als der wahre Entdecker dieses für die gesammte Mechanik so fruchtbaren Satzes angesehen werden. Mittelst dieses und der vorhin genannten Sätze gelang es nun Galilei die Bahn geworfener Körper zu bestimmen, und somit zugleich den schon etwas complicirten Fall der Zusammensetzung zweier Bewegungen zu lösen, von denen die eine gleichförmig und die andere beschleunigt ist.

Drei Principien waren es, welche Galilei bei der Lösung seines Problems zu Grunde legte:

1) daß der geworfene oder abgeschossene Körper, sobald keine Schwerkraft auf ihn wirkt, in grader Linie in Richtung des Wurfs oder Schusses mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortfliegen werde und zwar unaufhörlich, wenn der Widerstand der Luft und andere Hindernisse ihn nicht zur Ruhe bringen;

2) daß die Schwerkraft auf den geworfenen oder abgeschossenen Körper genau ebenso wirke, wie auf einen ruhenden oder frei losgelassenen. Er nahm also an, daß eine von einem Thurm horizontal abgeschossene Kugel genau in eben der Zeit den Boden erreichen werde, wie eine frei senkrecht herabfallende, entgegengesetzt der vulgären Meinung, die man noch heute von Unkundigen aus-

sprechen hört, daß auf eine solche Kugel die Schwere nicht einwirke;

3) daß beide Bewegungen, die gleichförmige Wurfbewegung und die beschleunigte Fallbewegung sich gemäß dem Princip der Zusammensetzung der Kräfte in jedem Augenblick miteinander kombiniren, und so eine krummlinige Bewegung erzeugen. Es ist klar, daß auf diese Weise eine Kurve entsteht, in welcher die gleichförmige Bewegung durch horizontale Ordinaten y dargestellt wird, deren Längen den Zeiten proportional sind, die also für die Zeitabschnitte $1, 2, 3 \dots n$ das Verhältniß $1, 2, 3 \dots n$ haben, während die vertikalen Abscissen x die Fallräume vorstellen, welche sich wie die Quadrate der Zeiten oder Ordinaten verhalten. Daraus folgt, daß $y^2 = px$ ist. Dies ist aber die Gleichung der Parabel, deren Scheitel im Anfangspunkt der Bewegung liegt, und die Vertikale dieses Punktes zur Axe hat.

Hierbei wurde vorausgesetzt, daß der Körper in horizontaler Richtung abgeschossen sei; es ist dies der einfachste Fall der Wurfbewegung, und diesen behandelte Galilei auch am ausführlichsten. Allein er zog auch den complicirteren in Betracht, wenn der Körper schief in die Höhe geworfen wird, und zeigte, daß dadurch im Wesentlichen nichts geändert wird, daß der Körper auch dann noch eine Parabel beschreibt, nur daß diese eine andere Lage bekommt.

Ferner zeigte er, daß wenn ein Körper mit einerlei Kraft aber unter verschiedenen Winkeln in die Höhe geschossen wird, die Wurfweiten verschieden sind, bei einer Elevation von 45° ihr Maximum erreichen, und bei gleichen Winkeln ober- oder unterhalb 45° um eine gleiche Größe kleiner sind. Man vergleiche damit Tartaglia (§ 56).

Endlich zog Galilei bei dieser Gelegenheit den Fall in Betracht, wo ein Körper senkrecht in die Höhe geschossen wird, und dies führte ihn auf die Untersuchung der gleichförmig verzögerten Bewegung. Er fand ganz richtig, daß wenn ein Körper z. B. mit der Geschwindigkeit von 150 Fuß

pro Sekunde senkrecht in die Höhe geschossen wird, und die Schwerkraft ihm nach Ablauf jeder Sekunde eine Geschwindigkeit von 30 Fuß einprägt, alsdann der Körper 5 Sekunden lang steigen wird, weil nach dem Satz: $v : v' = t : t'$ die Fallgeschwindigkeit nach 5 Sekunden $5 \cdot 30 = 150$ Fuß oder gleich der Wurfgeschwindigkeit sein wird.

Es ist leicht daraus die Höhe zu berechnen, welche der Körper erreichen wird. Bezeichnen wir die Geschwindigkeit, welche ein fallender Körper am Schluß der ersten Sekunde erlangt, mit g , ferner mit c die Wurfgeschwindigkeit, so ist die Dauer des Steigens $t = \frac{c}{g}$, im obigen Beispiel $= \frac{150}{30}$. In der Zeit t würde der Körper, wenn die Schwere nicht wirkte, bis zu der Höhe $h = ct$ steigen, da er aber in dieser Zeit durch den Raum $s = \frac{1}{2}gt^2$ fllt, um diesen Betrag ihn also die Schwere herabzieht, so erhebt er sich in Wirklichkeit nur auf $h = ct - \frac{1}{2}gt^2$; das giebt für vorstehendes Beispiel $h = 150 \cdot 5 - \frac{30}{2} \cdot 25 = 375$ Fuß.

103. Eine zweite Hauptanwendung, die Galilei von den Fallgesetzen machte, war die Ermittlung der Pendelbewegung. Wiewohl Galilei hier nicht ganz so glücklich war, wie bei den bereits erwähnten Untersuchungen, so muß er doch unstreitig als der Schöpfer der für die Physik und Mechanik gleich wichtigen Lehre von der Pendelschwingung angesehen werden. Ihm verdanken wir namentlich folgende Theoreme:

1) daß das Gewicht eines Pendels keinen Einfluß auf die Dauer seiner Schwingungen habe. — Das war eben der Satz, durch welchen Galilei, wie oben erwähnt, auf die Unrichtigkeit des aristotelischen Satzes von dem Einfluß des Gewichts auf den freien Fall der Körper geführt ward, denn er sah ein, daß das Schwingen ein Fallen längs eines Kreisbogens sei, dieses wiederum ein Fallen längs einer Reihe schiefer Ebenen, und letzteres dem freien Fall analog sei;

2) daß die Dauer der Schwingungen eines Pendels von dessen Länge abhängt, und zwar daß, wenn die Längen zweier Pendel l und l' und die entsprechenden Schwingungszeiten t und t' sind, diese sich wie die Quadratwurzeln aus den Längen verhalten, also

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'} \text{ oder } t^2 : t'^2 = l : l'.$$

Er schloß dies aus dem Fall der Körper auf der schiefen Ebene, wo sich die Fallzeiten wie die Quadratwurzeln aus den Höhen verhalten (§ 99). Bei Pendeln verhalten sich aber die Höhen ähnlicher Bogen wie die Halbmesser der Bogen oder Längen der Pendel, und daraus folgt dann, daß sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen verhalten.

Aus dieser Herleitung ersieht man, daß Galilei voraussetzte, die beiden mit einander verglichenen Pendel beschreiben ähnliche Bogen oder seien um gleiche Winkel aus der Vertikalen abgelenkt, und in der That ist dies auch die Bedingung, unter welcher allein für die Schwingungen zweier Pendel der Satz gilt: $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$, falls nicht etwa die Schwingungen beider sehr klein sind. Der Grund hiervon ist bekanntlich der, daß die Schwingungen eines und desselben Pendels je nach ihrer Schwingungsweite eine verschiedene Dauer haben, die kleineren eine kürzere als die größeren.

Schon Galilei scheint dieses gewußt zu haben. Einmal geht dies aus der Art hervor, wie er den Satz: $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ beweist, und dann versichert sein Sohn Vincenzo in den Schriften der Accademia del Cimento, daß sein Vater dies bereits im J. 1583 bei seinen ersten Versuchen beobachtet habe. Indes hat doch Galilei keinen Versuch gemacht zu bestimmen, wie sich bei einem und demselben Pendel die Dauer der Schwingungen mit deren GröÙe verändere.

Den Satz $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ gebrauchte übrigens Galilei schon in Pisa, um zum Staunen seiner Zuhörer die Höhe des Gewölbes im Dom daselbst aus der Dauer der Schwingungen der daran hängenden Kronleuchter zu berechnen.

3) Der dritte Satz endlich, den wir Galilei über die Pendelbewegung verdanken, ist ein Korollar von dem vorigen und heißt: Wenn n und n' die Anzahl der Schwingungen sind, die zwei Pendel in derselben Zeit τ vollbringen, so ist:

$$n : n' = \frac{1}{\sqrt{l}} : \frac{1}{\sqrt{l'}},$$

denn da, wenn t und t' wieder die Dauer einer Schwingung bezeichnen,

$$n = \frac{\tau}{t} \text{ und } n' = \frac{\tau}{t'}, \text{ so ist auch } \frac{1}{n} : \frac{1}{n'} = \sqrt{l} : \sqrt{l'}.$$

In der letzten Zeit seines Lebens beschäftigte sich Galilei auch damit das Pendel als ein Instrument zum Messen der Zeit anzuwenden, und nach seinem Tode führte sein Sohn Vincenzo, wahrscheinlich nach des Vaters Idee, im J. 1649 ein Instrument aus, welches man einigermassen eine Pendeluhr nennen könnte; aber wie man es anzufangen habe, damit es den Dienst der Zeitmessung gehörig verrichte, das aufzufinden gelang ihm doch nicht.

Er sah wohl ein, daß ein zum Schwingen gebrachtes Pendel seine Bewegung bis ins Unendliche fortsetzen würde, wenn keine Reibung unter der Axe und kein Luftwiderstand vorhanden wäre, aber er war nicht so glücklich ein Mittel zu ersinnen, um diese Hindernisse aus dem Wege zu räumen, und so die Schwingungen beliebig lange zu unterhalten. In der sogenannten Pendeluhr, die Vincenzo der Sohn beschrieb, war das Pendel selbst der Erreger der Bewegung. Es griff beim Schwingen mittelst Haken in ein Rad, an welchem ein Zeiger befindlich war, der dadurch im Kreise herumgeführt wurde. Eine solche Uhr konnte natürlich nicht lange in Gang bleiben.

Die glückliche Idee das Pendel als Regulator eines durch Gewichte in Bewegung gesetzten Räderwerks zu benutzen und somit eine wahre Pendeluhr darzustellen, diese gehört ohne Widerrede ganz allein dem großen holländischen Physiker Huyghens an, wie ich späterhin näher erörtern werde.

104. Fassen wir die bisher auseinandergesetzten Leistungen Galilei's nochmals kurz zusammen, so sehen wir, daß wir ihm folgende Bereicherungen der Wissenschaft verdanken:

Richtige Vorstellungen über die Bedingungen zur gleichförmigen und zur beschleunigten Bewegung;

den Begriff der Trägheit der Materie, vollständiger als ihn Koppler auffasste;

die Gesetze des freien Falles der Körper;

den Satz von der Zusammensetzung oder Zerlegung der Kräfte oder vom sogenannten Parallelogramm der Kräfte, obwohl noch nicht in allgemeinster Form;

die Gesetze des Falles auf einer schiefen Ebene;

die Gesetze der Wurfbewegung, jedoch ohne Rücksicht auf Luftwiderstand;

die Grundzüge der Lehre von der Pendelschwingung.

Zu diesen die Fundamente der heutigen Mechanik begründenden Leistungen kann man noch zählen die erste, wenngleich noch beschränkte, Aufstellung des später so berühmt gewordenen Satzes von der virtuellen Geschwindigkeit.

Unter virtueller Geschwindigkeit versteht man diejenige, welche ein Körper, der im Gleichgewicht ist, annimmt oder anzunehmen geneigt ist im ersten Moment, da das Gleichgewicht gestört wird. Der Satz von der virtuellen Geschwindigkeit sagt nun, daß die Kräfte oder Potenzen, welche auf einen Körper wirken, im Gleichgewicht sind, wenn sie sich verhalten umgekehrt wie die virtuellen Geschwindigkeiten, zerlegt nach den Richtungen dieser Kräfte.

Am einfachsten ist die Sache beim Hebel. Man denke sich einen ungleicharmigen Hebel, an dessen Enden die Kräfte L und K wirken; dieselben werden im Gleichgewicht sein, wenn sie sich verhalten umgekehrt wie die Hebelarme, an denen sie wirken. Eine Folge dieses Gleichgewichts ist, daß wenn man dem Hebel eine kleine Bewegung mittheilt, das Gewicht K einen Weg beschreibt,

der sich zu dem von L beschriebenen Weg verhält wie L zu K , und weil dies der Fall ist, darum sind die Kräfte L und K im Gleichgewicht. Dies ist es, was Galilei einsah und darum auch die Wahrheit erkannte, daß das, was in jeder Maschine an Kraft gewonnen wird, an Zeit wieder verloren geht, so daß das Produkt aus der Kraft in die Zeit eine konstante GröÙe ist.

In seinem Werke *Della scienza mecanica etc.* war es, wo Galilei das Princip der virtuellen Geschwindigkeit als eine allgemeine Eigenschaft des Gleichgewichts der Maschinen bezeichnete. Dies Werk erschien gedruckt erst 40 Jahre nach seiner Abfassung, und zwar französisch 1684 durch Mersenne, und gar erst 7 Jahre nach seines Verfassers Tode 1649 italienisch.

Es ist bemerkenswerth, daß sich die erste Andeutung zu diesem Satz schon bei Aristoteles findet, und es ist dies eine der wenigen richtigen Ansichten, die er in der Mechanik ausgesprochen hat. Der Gegenstand findet sich nicht in seinen mechanischen Fragen, sondern in seiner Physik, wo er sagt, daß Kräfte (Potenzen oder bewegte Massen) gleich viel wirken, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten. Hat man zwei Körper, etwa Kugeln mit den Massen $A = 1$ und $B = 8$ und den Geschwindigkeiten respektive $a = 8$ und $b = 1$, so prägt jede einer dritten Kugel dieselbe Geschwindigkeit ein. Hängt man diese Körper an einen ungleicharmigen Hebel auf, dessen Arme sich wie $1 : 8$ verhalten und zwar B an den kürzeren, so halten sie einander das Gleichgewicht, weil wenn man den Hebelarm ein wenig dreht, die einfache Masse A einen achtmal so großen Weg beschreibt als die achtfache Masse B .

Die Verknüpfung des zweiten Satzes mit dem ersten kannte aber Aristoteles noch nicht, dazu bahnte erst Galilei den Weg.¹⁾

105. Das bisher Angeführte möchte das Wichtigste sein, was wir Galilei in der eigentlichen Mechanik ver-

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 182.

danken. In Bezug auf die Fallerscheinungen habe ich noch zu bemerken, daß Galilei sich dabei nur das Studium der Fallgesetze, der Wirkungen der Schwerkraft zur Aufgabe gemacht hatte, auf die Ursache der Schwerkraft aber nicht einging aus dem einfachen Grunde, weil wie er sagte wir darüber nichts wissen könnten. Auch nahm er nicht Rücksicht auf die Veränderungen der Schwerkraft, die er als eine konstante Kraft ansah, da er nur die Wirkungen derselben an einem Punkt der Erdoberfläche in Betracht zog.

Die Frage, ob die Schwerkraft an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche und in verschiedenen Höhen über derselben gleich groß sei oder nicht, diese Frage ließ er noch ganz außer Betracht. So kam es ihm denn auch noch nicht in den Sinn die Bewegungen der Planeten und der Erde um die Sonne als Wirkungen der Schwerkraft anzusehen. Ja selbst die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, die bereits Keppler und vor ihm weit specieller, wenn auch mit Irrthümern untermischt, Stevin als herührend von der Anziehung des Mondes nachgewiesen hatten, verkannte Galilei gänzlich, indem er sie von der Schwungkraft der Erde herleitete. Er glaubte bei der schnellen Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne könne das Wasser dem festen Kern nicht in gleichem Maße folgen, es häufe sich daher an der Hinterseite an, etwa so wie Wasser in einem offenen Gefäße, welches schnell nach der Linken bewegt wird, sich an der rechten Seite anhäuft. Stevin dagegen war der Meinung, weil wir alle 24 Stunden zwei Fluthen haben, es sei nicht bloß der Mond, sondern auch ein ihm gegenüberliegender Punkt, der das Wasser anzieht.

Uebrigens war Galilei, wie wir aus seinen Lebensschicksalen zur Genüge wissen, ein Anhänger des kopernikanischen Systems, das aber von den Ursachen und Gesetzen der himmlischen Bewegungen noch keine Rechenschaft zu geben wußte.

Bei allen seinen Untersuchungen über die Fall- und Wurfbewegung der Körper hatte Galilei vom Widerstand

der Luft abgesehen, obgleich er den Einfluß der Luft auf diese Bewegungen sehr wohl kannte, und sogar ein Mittel angab den dadurch erzeugten Widerstand zu messen. Sein Vorschlag bestand darin, daß man nach einander zwei Flintenkugeln senkrecht herab gegen eine eiserne Platte schießen solle, die eine aus einer Höhe von einigen Ellen, die andere aus einer Höhe von 100 und mehr Ellen. Er vermuthete nun, die letztere werde weniger platt geschlagen sein als die erstere, ungeachtet bei ihr die Schußgeschwindigkeit noch durch die Einwirkung der Schwere vermehrt worden sei, weil nämlich der Widerstand der Luft die Bewegung gehemmt habe.

Galilei selbst liefs es bei dem Vorschlag bewenden, aber die Mitglieder der Accademia del Cimento, die größten Theils seine Schüler waren, führten den Versuch aus und fanden, wie zu erwarten, die Vermuthung ihres Lehrers bestätigt.

Schließlich möge nicht unerwähnt bleiben, daß Galilei auch über den Stoß der Körper ein Werk geschrieben haben soll, das verloren gegangen ist. Man darf dies wohl glauben, da es bekannt ist, daß Galilei Stoß und Druck als inkommensurabel ansah.¹⁾

106. Auch in der Hydrostatik und Hydrodynamik hat Galilei Spuren seiner Thätigkeit hinterlassen. Abgesehen davon, daß er eine hydraulische Maschine erfand, auf die ihm 1594 der Doge von Venedig ein 20 jähriges Privilegium ertheilte²⁾, wandte er sich auch der theoretischen Seite dieses Theils der Mechanik zu. Ihm verdankt man nämlich über die innere Beschaffenheit der Flüssigkeiten diejenige Ansicht, die im Wesentlichen noch heut zu Tage bei allen mathematischen Untersuchungen zum Grunde gelegt wird.

Er dachte sich die Flüssigkeiten als bestehend aus kugelförmigen Theilchen, die wie die Theilchen starrer

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. IV, 285.

²⁾ Libri, ibid. IV, 197.

Körper der Schwerkraft unterworfen seien, die aber eine große Beweglichkeit besitzen, und daher dem geringsten Drucke nachgeben. Wegen dieser Beweglichkeit, schloß er, üben die Flüssigkeiten nach allen Seiten hin einen gleichen Druck aus, und damit erklärte er denn verschiedene Erscheinungen, die vom Druck der Flüssigkeiten herrühren, recht befriedigend, ohne etwas von den Arbeiten seines Zeitgenossen Stevin zu kennen.

Zu seinen Leistungen im Gebiet der Hydrostatik gehört auch noch die Erfindung der Bilancetta, einer sinnreich erdachten hydrostatischen Schnellwage, um mit derselben ähnliche Probleme zu lösen, wie das bekannte archimedische mit der Krone des Königs Hiero. Die Bilancetta bestand aus einem ungleicharmigen Wagebalken, an dessen längerem Arm ein Laufgewicht und an dem kürzeren der zu untersuchende Körper angebracht war, der in der Luft und unter Wasser durch die Vorrichtung sich wägen, und dadurch seinen Gewichtsverlust im Wasser bestimmen ließ.

Aus dem Zweck, den Galilei damit erreichen wollte, ist ersichtlich, daß ihm die Zusammenziehung der Metalle bei ihrer Verbindung unbekannt war, und daß sich also das specifische Gewicht einer Legirung nicht aus dem specifischen Gewicht ihrer Bestandtheile finden läßt, wenigstens nicht genau, sondern auf diese Weise ermittelt in der Regel zu klein ausfällt. Glauber war der erste, der nach seiner Angabe in den *Furni novi philosophici, Amstelodami 1651* die Zusammenziehung einer Legirung aus Kupfer und Zinn beobachtete.

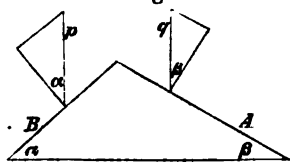
107. Die Leistungen Galilei's in der Hydrostatik bieten mir wohl die schicklichste Gelegenheit von den Verdiensten eines seiner Zeitgenossen zu reden, dessen ich schon einigemal beiläufig erwähnte, und dessen Name rühmlich neben dem des großen Florentiners genannt werden kann. Ich meine den Niederländer Stevin.

Simon Stevin ward geb. 1548 zu Brügge in Flandern und starb als Deichinspektor 1620 zu Leyden. Er hieß

eigentlich Steven oder vielmehr Stevens, woraus latinisirt Stevinus und abgekürzt Stevin geworden ist. Wir besitzen zwei Werke von ihm, 1) *De Beghinselen der Weegkonst*, Leyden 1586, und 2) eine vollständige Sammlung seiner Schriften nach seinem Tode in französischer Sprache erschienen: *Les oeuvres mathématiques de Simon Stevin*, Leyden 1634. Beide bekunden ihn als einen Mann von vielseitigen Kenntnissen in den mathematischen Wissenschaften, und was mehr ist, als einen Mann von richtigem Blick und originellen Gedanken.

Ich habe bereits erwähnt (§ 101), daß Stevin nahe daran war den wichtigen Satz vom Parallelogramm der Kräfte zu entdecken, oder vielmehr er hat ihn entdeckt, aber freilich nur in Bezug auf dessen Geltung für die Statik, indem er aussprach, daß drei Kräfte einander das Gleichgewicht halten, wenn sie sich in Größe und Richtung wie die Seiten eines Dreiecks verhalten. Der Beweis, den er von diesem Satz gab, ist freilich nicht zulässig, aber doch originell. Er sagte, wenn dieser Satz nicht gelte, so würde, wenn man sich um ein Dreieck mit horizontaler Basis eine Kette geschlungen denkt, diese immerfort im Kreise herumlaufen, was anzunehmen widersinnig sei. Eigentlich bewies er damit nur, daß zwei Lasten, die auf den schrägen Seiten eines Dreiecks mit horizontaler Basis liegen, einander das Gleichgewicht halten, wenn sie sich wie die Seiten dieses Dreiecks verhalten. Sind

Fig. 8.



α und β Fig. 8 die Winkel an der horizontalen Basis des Dreiecks, A und B die ihnen gegenüberstehenden Seiten, p und q zwei Lasten, die mit den Kräften $p \sin \alpha$ und $q \sin \beta$ auf den schiefen Ebenen herabzugleiten streben, so ist im Fall des Gleichgewichts

$$p \sin \alpha = q \sin \beta, \text{ und überdies}$$

$$B \sin \alpha = A \sin \beta, \text{ woraus } \frac{p}{q} = \frac{B}{A}.$$

108. Wichtiger und bleibender sind seine Verdienste um die Hydrostatik. Wenn man nicht schon **Archimedes** als den Gründer dieses Zweiges der Mechanik ansehen will, so muß man diese Ehre auf **Stevin** übertragen, wenigstens hat keiner zunächst nach dem berühmten Geometer des Alterthums die Hydrostatik mit so fundamentalen Lehrsätzen bereichert als eben **Stevin**.

So zuvörderst verdankt man ihm den Satz, daß der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäßes unabhängig von der Gestalt des Gefäßes sei, und nur bedingt wird von der Höhe, welche das Wasser in dem Gefäße einnimmt. Er bewies diesen Satz sowohl durch Raisonnement als durch Experiment, und auf letzterem Wege sowohl für den Druck von oben nach unten als von unten nach oben. Er nahm Gefäße mit senkrechter und mit nach oben verengter Wandung, und füllte sie gleich hoch mit Wasser; brachte er dann eine Scheibe, die an einem Wagebalken hing, auf den Boden der Gefäße, so erforderte die Hebung der Platte stets dasselbe Gegengewicht, gleichviel ob das Gefäß überall dieselbe Breite hatte oder sich nach obenhin so weit zusammenzog, daß der Wasserspiegel eine kleinere Fläche hatte als die Scheibe. Um auch den Druck der Flüssigkeit nach oben zu bestimmen, versenkte er Röhren, gegen deren untere Oeffnung Bleiplatten gepreßt wurden, so tief, bis das Wasser durch seinen Druck nach oben das Abfallen verhinderte, und konstatirte nun, daß der Auftrieb ebenso groß sei wie der Druck abwärts in derselben Tiefe, nämlich gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Basis gleich dem Gefäßboden und deren Höhe der Abstand des Bodens vom Wasserspiegel ist.

Vollständiger noch führte er den Beweis durch communicirende Röhren mit und ohne Ventil. Daß Flüssigkeiten in communicirenden Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen, ist übrigens der einfachste und sicherste Beweis. Auf diese Weise, sagte **Stevin**, könne 1 Pfund Wasser im engen Rohr gegen einen Verschuß im weiten mehr wirken als hunderttausend Pfund; er hatte also die

Wirkung der hydraulischen Presse richtig erkannt, nämlich daß man mit einer kleinen Wassermasse einen sehr hohen Druck ausüben kann.¹⁾

Eine andere hydrostatische Aufgabe, die Stevin löste, ist die Bestimmung des Drucks, den Wasser auf die ebene vertikale Seitenwand eines parallelepipedischen Gefäßes ausübt. Er fand ihn richtig gleich dem Druck eines Wasserprismas, dessen Grundfläche gleich der Wand und dessen Höhe gleich der halben Wasserhöhe in dem Gefäße ist. — Sein Beweis kommt auf eine Art Differential-Rechnung hinaus und gründet sich darauf, daß in einer ruhenden Flüssigkeit an jeder Stelle der horizontale Druck dem vertikalen gleich ist. Stevin denkt sich nun das an der senkrechten Gefäßwand befindliche Wasser in unendlich viele wagerechte Schichten getheilt, welche alle die Breite der Wand $= b$ haben, von denen aber jede so lang ist wie ihre Tiefe unter dem Wasserspiegel. Es müssen diese Streifen also nach unten stetig länger werden und zusammen auf einem Vertikalschnitt wie ein rechtwinkliges Dreieck erscheinen, in welchem Höhe und Grundlinie gleich sind, und das, wenn h die Höhe bezeichnet, den Flächeninhalt $h \cdot \frac{h}{2}$ hat. Dieser mit b multiplicirt giebt das den Druck bestimmende Wasserprisma $bh \cdot \frac{1}{2}h$.²⁾

Ferner bestätigte Stevin die von Archimedes gefundenen Sätze:

1) daß ein Körper in Wasser getaucht soviel an Gewicht verliert, als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt;

2) daß bei schwimmenden Körpern der Raum des eingetauchten Theils mit Wasser gefüllt gerade so viel wiegt wie der ganze Körper; aber er fügte diesen Sätzen auch noch zwei neue und wichtige hinzu:

1) daß der Schwerpunkt eines schwimmenden Körpers und der einge bildete Schwerpunkt der Wassermasse,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 82.

²⁾ Kästner, Gesch. d. Math. IV, 41.

die den Raum des eingetauchten Theiles dieses Körpers einnehmen würde, in einer Vertikallinie liegen; und

2) daß zu einem stabilen Schwimmen erforderlich sei, daß der Schwerpunkt des Körpers unterhalb des Schwerpunkts dieser Wassermasse liege, und daß das Schwimmen desto stabiler sei, je tiefer der erste Schwerpunkt unter dem letzteren ist.

109. Die Gegenstände, welche Stevin in seinen Werken behandelt, sind übrigens sehr mannichfaltig. Er beschäftigt sich darin mit Arithmetik, Kosmographie, praktischer Geometrie, Statik, Hydrostatik, Optik, Fortifikation, Schleusenbau, Schiffahrtskunde u. s. w., und bei vielen Gelegenheiten legt er Proben eines originellen und ingeniösen Geistes ab.

So entwickelt er ausführlich, welchen mannichfachen Nutzen das Decimalsystem bei allen Rechnungen, bei Eintheilung von Münzen, Maßen und Gewichten haben würde, und empfahl daher dringend die Einführung desselben. Es sind also nicht die Franzosen, welche die Vorzüge des Decimalsystems zuerst anerkannt haben.

Ferner hob Stevin lebhaft den Werth des Gebrauchs der Muttersprache für die Gelehrten hervor, was ihm zu einer Zeit, wo die Gelehrten aller Länder größtentheils noch lateinisch schrieben, gewiß sehr zur Ehre gereicht. Wenn die Wissenschaften fortschreiten sollen, sagte er, so müssen sich recht viele Männer mit der Einsammlung von Erfahrungen beschäftigen, und eben deshalb ist es gut, daß die Gelehrten in ihrer Muttersprache schreiben, wie es die Griechen und Römer ja auch gethan haben. Stevin war dabei der Meinung, die holländische oder niederdeutsche Sprache könne wegen ihres Reichthums an einsylbigen Wörtern die Sachen kürzer und bestimmter ausdrücken als die lateinische, eine Meinung, die auffallend erscheinen muß, da man sonst in der Regel das Gegentheil annimmt. Stevin suchte seine Sprache sogar zu erweitern; wo es an Wörtern zur Bezeichnung mathemati-

scher oder mechanischer Gegenstände fehlte, da pflegte er und nicht selten mit Glück neue zu erfinden.

Noch verdient unter den Erfindungen Stevin's die des Segelwagens genannt zu werden, eines Wagens, der mittelst Segel durch den Wind bewegt wurde. Der Franzose Peiresc erzählt, er selbst habe in diesem Wagen, worin 28 Personen, eine Fahrt gemacht und der Prinz Moritz von Nassau sei damit von Putten nach Scheveningen, d. h. vier holländische Meilen in zwei Stunden gefahren ¹⁾.

110. Um nach dieser Abschweifung auf Galilei zurückzukommen, will ich zu einem anderen Felde seiner vielseitigen Thätigkeit übergehen, zu seinen Untersuchungen über die Kohäsion, Resistenz oder den Zusammenhalt der starren Körper. Auch hier hat Galilei die Bahn zu den späteren Forschungen gebrochen. Unter Anderem suchte er das Verhältniß zwischen der sogen. absoluten und respektiven Festigkeit der Körper zu ermitteln, nämlich das Verhältniß zwischen der Kraft, die einen Stab in Richtung der Länge zerreißen würde und der, welche zum Zerbrechen desselben erforderlich ist.

Seine Ansicht von dem Vorgang beim Zerbrechen ist nicht ganz richtig, weil sie voraussetzt, daß alle Längfasern dabei gleich stark widerstehen, zu gleicher Zeit abreißen und sich vor dem Abreißen nicht ausdehnen, auch die Fasern der unteren Hälfte sich nicht verkürzen. Allein für harte Körper, Stein oder Glas kommt die Vorstellung ziemlich mit der Erfahrung überein, und deshalb konnte Galilei aus seiner halbweisen Theorie manche richtige Folgerung ziehen. Dahin gehört:

daß hohle Cylinder oder Stäbe dem Zerbrechen stärker widerstehen als massive von gleicher Grundfläche. Aus dieser Ursache, folgert Galilei, habe die Natur ohne Zweifel die Knochen der Thiere, die Federn der Vögel und Stengel mehrerer Pflanzen hohl gebildet; ferner,

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. IV, 35, 392, 418.

daß die Festigkeit der Körper gegen das Zerschneiden nicht den Gewichten oder Massen proportional sei, weil die Massen sich wie die Kuben der ähnlichen Seiten verhalten, der Widerstand gegen das Zerschneiden aber nur wie die Quadrate dieser Seiten wachse.

Danach sah er ein, daß es eine Grenze geben müsse, bei welcher ein Körper schon durch sein eignes Gewicht zerschneiden werde, und daraus zog er den richtigen Schluß, daß man die Festigkeit der Maschinen nicht nach der Festigkeit ihrer Modelle beurtheilen könne. Auch glaubte er hierin den Grund zu erblicken, warum die Natur nur Thiere von gewisser Größe erschaffen habe, und grade die größten von ihnen als Wasserthiere. Sehr große Thiere, meinte er, würden durch das Gewicht ihrer eigenen Knochen erdrückt werden, wenn sie nicht im Wasser schwimmen, wo ein Theil dieses Gewichts durch das Wasser aufgehoben würde ¹⁾.

So richtig Galilei im Ganzen über diese Klasse von Erscheinungen urtheilte, so irrig war doch seine Meinung in Betreff der Ursache des Zusammenhalts der starren Körper. Sein Irrthum ist merkwürdig, weil er uns auf eine belehrende Weise zeigt, daß selbst Männer von grosser Einsicht sich nicht immer in allen Dingen von den Vorurtheilen losreißen können, in denen sie aufgewachsen sind. Galilei, sonst überall der Gegner des Aristoteles und der Scholastiker, spricht doch in Bezug auf die Ursache der Kohäsion eine Meinung aus, die im Wesentlichen mit der Ansicht von jenen zusammen fällt. Er leitet nämlich die Festigkeit ab von einer *Resistenza del Vacuo*, was ziemlich übereinkommt mit *Horror vacui* der Aristoteliker ²⁾.

111. Denselben Irrthum hegte Galilei in Betreff des Aufsteigens von Flüssigkeiten in Röhren, an denen gesogen wird, also in Betreff der Erscheinungen bei Pumpen. Man erzählt, Galilei habe mit Verwunderung von einem

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* I, 60.

²⁾ Kästner, *Gesch. d. Math.* IV, 7.

florentiner Gärtner vernommen, daß eine neue Pumpe das Wasser nicht über 18 ital. Ellen habe heben wollen, und sei ihm dies so unglaublich gewesen, daß er sich erst durch eigenen Augenschein davon habe überzeugen können. Er habe die Pumpe untersucht, aber keinen Fehler an ihr zu entdecken vermocht, und doch sei das Wasser dem Stempel nicht weiter als 18 ital. Ellen gefolgt, und mehrere Fuß unter demselben stehen geblieben, wenn man ihn höher gehoben habe. Lange habe Galilei sich diese Erscheinung nicht zu erklären vermocht, bis er endlich darauf verfallen sei, dies dem Horror vacui zuzuschreiben, der bei jener Höhe seine Gränze habe.

Diese weit verbreitete Anekdote stammt von Pascal, der sie in der Vorrede zu seinem *Traité de l'équilibre des liqueurs* 1663 erzählt; in der Ausgabe von 1698 findet sie sich nicht. Libri in seiner *Histoire des sciences math.* IV, 270 bestreitet die Wahrheit dieser Erzählung. Es mag wohl richtig sein, daß Galilei nicht erst durch den florentiner Gärtner mit dem Phänomen der Pumpen brauchte bekannt gemacht zu werden, aber andererseits ist es doch wahr, daß Galilei in seinen *Discorsi e dimostrazioni matemat.* Leid. 1638 Meinungen ausspricht, die gar wohl zu jener Anekdote passen. Er vergleicht daselbst die Wassersäule in der Pumpe mit einem Metalldraht und meint, so wie es für diesen eine Länge gebe, bei der er durch sein eignes Gewicht zerreiße, so sei es auch mit der Wassersäule, die oben am Stempel hafte.

Das Ansteigen des Wassers in Pumpen war ihm also eine Kohäsions- oder Adhäsionserscheinung zwischen Stempel und Wasser, analog dem ihm wohl bekannten Adhäriren zweier nassen Glastafeln aneinander, und so wie er die Kohäsion der festen Körper durch eine Resistenza oder Repugnanza del Vacuo, Widerstand oder Widerspenstigkeit gegen den leeren Raum erklärte, so wollte er nun auch diese Erklärung auf die Pumpen anwenden. Daß in diesen das Wasser nicht höher als etwa 18 ital. Ellen steige, war nach ihm nicht Folge des Drucks der äußeren

Luft, sondern Wirkung der Resistenza del Vacuo, die durch das Gewicht einer solchen Wassersäule gemessen werde.

Dieser Irrthum Galilei's ist um so merkwürdiger, als es ihm keineswegs unbekannt war, daß die Luft schwer ist. In seinen *Discorsi e dimostrazioni matemat. intorno a due nuove scienze etc.*, worin unter der einen neuen Wissenschaft eben die Kohäsionslehre gemeint ist, läßt er den Salviati ganz deutlich beschreiben, wie man sich von dem Gewicht der Luft überzeugen könne, und auf welche Weise es sich bestimmen lasse.

Um bloß darzuthun, daß die Luft schwer sei, sagt Salviati (worunter immer Galilei selbst zu verstehen ist), komprimire man Luft in einer Flasche, bringe dann die Flasche auf einer Wage in Gleichgewicht und lasse durch Oeffnen des Ventils der Flasche die Luft heraustreten. Wiegt man nun wieder, so wird man die Flasche leichter finden, also muß die Luft Gewicht haben. Darauf beschreibt Salviati die Methode, nach welcher er das Gewicht der Luft bestimmt habe. Er sagt, er habe die Flasche gefüllt einmal mit komprimirter Luft und das anderemal mit Wasser, und sie in beiden Zuständen gewogen, wodurch er gefunden habe, daß die Luft 400mal leichter sei als Wasser.

Auf diese Weise wird freilich nur das specifische Gewicht von verdichteter Luft gefunden, und wenn das Resultat einen Werth haben soll, so muß zugleich der Grad der Verdichtung gemessen werden. Das hat nun freilich Galilei nicht gethan, und schon aus diesem Grund kann seine Angabe gegenwärtig auf keine Beachtung Anspruch machen. Allein dennoch ist der Versuch bemerkenswerth, weil er der erste ist, den man gemacht hat, das specif. Gewicht der atmosphärischen Luft und überhaupt einer Gasart zu bestimmen.

Bei dieser Gelegenheit macht Galilei einen Vorschlag zu einem andern Versuch, der gewissermaßen die Umkehrung des eben genannten ist. Man solle, sagt er, die Flasche wiegen erst mit Luft und dann, nachdem man sie

durch Erwärmen luftleer (luftverdünnt) gemacht und verschlossen habe. Dadurch finde man zunächst das Gewicht der Luft, welches die Flasche fülle. Wäge man nun noch dieselbe Flasche mit Wasser gefüllt und vergleiche das zuvor gefundene Gewicht mit diesem, so habe man das Gewicht der Luft bezogen auf das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser, d. h. also, man habe das specif. Gewicht der Luft.

Das hier ausgesprochene Princip ist ganz richtig und wird noch gegenwärtig angewandt, nur bedient man sich zum Evakuiren der Flasche nicht mehr der Erwärmung, die nur ein unvollkommenes Vakuum liefert, sondern der Luftpumpe, die aber Galilei noch unbekannt war. Er verstand nur erst Luft zu komprimiren, und zwar mittelst einer Spritze.

Man sollte meinen, die Bekanntschaft mit dem Gewicht der Luft hätte von selbst zu der Kenntniß vom Druck der Atmosphäre führen müssen, da letzterer eine Folge vom ersteren ist. Aber dem war nicht so. Ebenso wenig wie Aristoteles, der auch schon das Gewicht der Luft supponirte, ja dasselbe sogar bewiesen zu haben glaubte, kam Galilei auf den Gedanken, daß das Aufsteigen des Wassers in Saugpumpen eine Wirkung des Drucks der Atmosphäre sei.

Das Einzige, was Galilei aus den Erscheinungen bei der Pumpe lernte, war die Ueberzeugung, daß sich denn doch trotz des Horror vacui der Natur ein luftleerer Raum darstellen lasse, und bei seinem praktischen Sinn suchte er die Sache sogleich experimentell zu erweisen. Er nahm einen hohlen Cylinder, der an einem Ende durch einen ebenen Boden verschlossen war, fügte einen dicht schliessenden Stempel ein, befestigte nun den Cylinder senkrecht herabhängend und hing soviel Gewichte an den Stempel, daß dieser herabgezogen wurde. Man sieht, es fehlte nicht viel und Galilei hätte die Luftpumpe erfunden, es fehlte nur der Hahn oder das Ventil und die Verbindungsröhre zu der Kampane. Aber auch hier ging Galilei neben dem

Ziele vorbei; er begnügte sich das zum Herunterziehen des Stempels erforderliche Gewicht zu bestimmen, und glaubte dadurch die Gröfse der Resistenza del Vacuo gemessen zu haben.¹⁾

Thermometer.

112. Glücklicher als bei dem Barometer und der Luftpumpe war Galilei beim Thermometer. Die Geschichte der Erfindung dieses wichtigen Instruments liegt einigermassen im Dunklen, man kann nicht mit voller Bestimmtheit angeben, wer der Erfinder ist oder vielmehr, wer die ersten Erfinder seien, denn es wäre leicht möglich, ja sogar nicht unwahrscheinlich, daß das erste rohe Instrument von mehreren Personen, wenn auch nicht gleichzeitig, doch wenigstens unabhängig von einander konstruirt worden sei. Wissen wir ja doch, daß die Ausdehnung der Luft durch die Wärme schon den Alten namentlich Hero von Alexandrien bekannt war, und zum Heben von Wasser benutzt wurde.

Indefs, wenn man alles für und wider erwägt, so muß man gestehen, daß Galilei ebenso viele und wohl gröfsere Ansprüche auf die Ehre der Erfindung des Thermometers hat als diejenigen, welche für gewöhnlich als Erfinder desselben genannt werden. In Galilei's Werken, so wie sie durch den Druck auf uns gekommen sind, ist freilich nicht vom Thermometer die Rede. Allein wir wissen, daß mehrere seiner Schriften verloren gegangen sind, und dann ist auch bekannt, daß er manche Erfahrung entweder gar nicht, oder nicht sogleich, oft erst nach Jahren durch den Druck bekannt machte.

Daher können wir es denn auch den Biographen Galilei's wohl glauben, namentlich Nelli und Viviani, daß Galilei schon im J. 1597 ein thermometerartiges Instrument verfertigte, und zwar zu einer Zeit, wo er, wie es scheint, mit dem Studium der Werke Hero's von Alexandrien be-

¹⁾ Montucla, Hist. des math. I, 203.

schäftigt war ¹⁾). Auch geht aus authentischen Beweisstücken hervor, daß er im J. 1603, also lange vor den Ansprüchen Anderer, die Wirkung dieses Instruments dem Pater Castelli zeigte. Und ebenso weiß man, daß sein vertrauter Freund, der Venetianer **Sagredo** von 1613 an Beobachtungen mit einem galileischen Thermometer machte.

Dies Thermometer bestand aus einer offenen Glasröhre mit Kugel daran, die beide Luft enthielten und durch einen Tropfen Wasser abgesperrt waren; die Skala daran war eine willkürliche. Es war also ein sehr unvollkommenes Instrument, kein eigentliches Thermometer, sondern nur ein Thermoskop, und zwar ein sehr trüglisches, Thermoskop und Baroskop zugleich. Ebenso unvollkommen waren aber auch die Instrumente derer, die gewöhnlich für die Erfinder des Thermometers ausgegeben werden, als: die Engländer **Baco** und **Fludd**, die Italiener **Sarpi** und **Sanctorius** und der Holländer **Drebbel**.

113. Lord **Baco** kann wohl am wenigsten als Erfinder des Thermometers genannt werden, denn er spricht von diesem Instrument erst 1620 in seinem *Novum Organon*, und auch nur als von einer bekannten Sache, und nennt es *vitrum calendare*. Was er beschreibt ist ganz die alte mangelhafte Form.

Robert Fludd auch **a Fluctibus** genannt, ein englischer Arzt und Abenteurer, der viele Länder und auch Italien bereiste und 1605 in seine Heimath zurückkehrte, würde schon seiner eigenen Angabe nach auf die Ehre verzichten müssen, denn erstlich beschreibt er das Thermoskop in seiner *Philosophia moysaica*, die erst 1638 erschien, und dann sagt er, er habe die Beschreibung und Abbildung des Instruments in einer 500 Jahr alten Handschrift gefunden, die er aber nicht näher bezeichnet. — **Fludd** war geb. 1574 zu *Milgate, Kent* und starb 1637 in *London* ²⁾).

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. IV, 189.

²⁾ Kästner, Gesch. d. Math. II, 235; Libri, ibid. IV, 192.

Sanctorius, eigentlich **Santorio**, geb. um 1561 zu Capo d'Istria, und gest. 1636 zu Venedig als Professor der theoret. Medicin daselbst ¹⁾). Ein zu seiner Zeit sehr berühmter Arzt, der sich namentlich durch seine *Medicina statica*, Venet. 1614 einen großen Ruf erworben hat, beschrieb das Thermoskop in seinen *Commentaria in artem medicinalem Galeni*, Venet. 1612. Er suchte das Thermoskop wie das Pendel in der Medecin anzuwenden, hat aber, wenn er es wirklich erfand, dasselbe doch erst nach **Galilei** erfunden. Uebrigens erdachte er auch ein Saiten-Hygrometer ²⁾).

Fra Paolo Sarpi, ein Servitenmönch, geb. 1552 zu Venedig und gest. 1623 ebendasselbt, scheint sich des Instruments erst seit 1617 bedient zu haben, und spricht nicht davon in seinen Werken. ³⁾).

Gewöhnlich wird **Cornelius Drebbel** als Erfinder des Thermometers genannt, meist auf Grund der Behauptung von **Dalencé** in seinem *Traité des baromètres, thermomètres etc.*, Amst. 1688. Allein es giebt noch ältere Nachrichten darüber. In dem Sammelwerk des Pater **Leurechon**: *La récréation mathématique*, Pont-à-Mousson 1624 wird das Instrument von **Galilei** oder **Sanctorius** beschrieben unter dem Titel: *Du thermomètre ou instrument pour mesurer les degrés de chaleur ou froidure, qui sont en l'air*. Hiervon ist der *Thaumaturgus mathematicus* 1636 von **Caspar Ens** eine lat. Uebersetzung, in welcher obige Ueberschrift lautet: *De thermometro sive de instrumento drebeliano etc.*, woraus später **Dalencé** und Andere folgerten, daß **Drebbel** der Erfinder sei. ⁴⁾

Wenn man dem Italiener **Libri** glauben darf, so steht in **Drebbel's** Schrift *De natura elementorum*, Hamb. 1621, welche als Quelle genannt wird, gar nichts vom Thermometer oder einem ähnlichen Instrument, sondern **Drebbel** sucht bloß daselbst zu zeigen, daß Wasser sich durch Er-

¹⁾ Tiraboschi, Storia della letteratura ital. VIII, 474.

²⁾ Libri, Hist. des sc. math. IV, 194.

³⁾ Libri, ibid. IV, 194, 214; Tiraboschi, Storia etc. VII, 742.

⁴⁾ Wohlwill, Poggend. Ann. CXXIV, 163.

hitzen in Luft verwandeln könne. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt das Werk zu sehen, aber es wäre nicht das erste Mal, daß sich eine solche Angabe traditionell von einem Buch ins andere fortpflanzt. Freilich spricht Drebbel in jenem Werk, welches ursprünglich holländisch geschrieben ist und nach Burckhardt¹⁾ bereits 1608 erschien, auch von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, aber was er davon sagt, ist dem, was Porta in seinen *Pneumaticis* angiebt, in den Worten so ähnlich, daß man allen Grund hat zu glauben, es sei aus des Letzteren Werk entnommen.

Porta hätte mindestens ebenso viele Ansprüche als Drebbel, denn in seinem Werke *Pneumaticorum libri tres* findet sich sogar ein thermometerartiges Instrument beschrieben und abgebildet. Diese Beschreibung findet sich aber nicht in der ersten lateinischen Ausgabe von 1601, sondern in der italienischen Uebersetzung vom J. 1606, so daß es sehr wahrscheinlich ist, daß der Verfasser unterdeß von Galilei's Instrument Kunde erhielt. Porta hätte danach das Verdienst, das Instrument zuerst beschrieben zu haben.²⁾

Selbst wenn man absehn wollte von Santorio, Sarpi und Porta, würde man Drebbel noch keine begründeten Ansprüche auf die Erfindung des Thermometers vindiciren können, denn es giebt noch ein Dokument, welches älter ist als das Drebbel'sche Werk. Es ist die *Matematica maravigliosa* verfaßt zu Rom 1611 vom Ingenieur Telioux, einem Kommentator des Hero. In diesem Werke, welches handschriftlich in der Bibliothek des ArsenaIs aufbewahrt wird, findet sich ein Luftthermoskop beschrieben, dessen Einrichtung schon vollkommener ist als das von Porta abgebildete, obwohl nicht mit Gewißheit hervorgeht, wie Libri behauptet³⁾, daß dabei der Luftdruck ausgeschlossen war. Es bestand aus einer Glasröhre, die an dem einen

¹⁾ Poggend. Ann. CXXXIII, 681.

²⁾ Libri, Hist. etc. IV, 469.

³⁾ Libri, ibid. IV, 471.

Ende in eine Kugel auslief, mit dem andern offenen Ende in eine Flüssigkeit tauchte, die in einem kolbenartigen Glase enthalten war. Beide Glasgefäße waren verbunden, aber wohl nicht luftdicht; das Glasrohr hatte eine willkürliche Skala, die 8 Grade enthielt, jeder eingetheilt in 60 Minuten.

Endlich hat auch Salomon de Caus, ein Mann, der wegen seiner Ansprüche auf die Erfindung der Dampfmaschine noch späterhin in Betracht kommt, in seinem Werke *Raisons des forces mouvantes etc. Francfort 1615* ein sehr unvollkommenes Thermometer beschrieben.¹⁾

Nach allen diesen Erörterungen muß man gestehen, daß Galilei doch das meiste Anrecht hat als Erfinder des Thermometers betrachtet zu werden, wenn man nicht etwa bis Hero von Alexandrien zurückgehen will, der zweifelsohne zu dieser Erfindung den ersten Impuls gegeben hat. Man muß freilich auch einräumen, daß Galilei das Instrument nur in seiner ersten rohen Gestalt darstellte, daß er die Unvollkommenheit und zusammengesetzten Angaben desselben nicht einmal erkannt zu haben scheint, und daß er endlich durch dasselbe die Wissenschaft mit keiner nennenswerthen Beobachtung bereichert hat, was allerdings in gleichem Maße von den übrigen Kompetenten in dieser Angelegenheit gilt.

114. Anlangend Cornelius Drebbel, so war er 1572 zu Alkmar in Holland geboren und starb 1634 zu London. Häufig wird er, vielleicht um die Sache pikant zu machen, für einen Bauer ausgegeben. Allein, wenn er auch ursprünglich Landmann war, so war er doch gewiß kein Bauer im gewöhnlichen Sinne, was schon daraus hervorgeht, daß Ferdinand II., Kaiser von Deutschland, ihm den Unterricht seiner Söhne übertrug, und ihn zum kaiserlichen Rath ernannte. In den Unruhen von 1620 nahmen ihn die Truppen des Kurfürsten Friedrich V. gefangen, und beraubten ihn seines ganzen Vermögens. Auf hohe Für-

¹⁾ Vergl. Wohlwill, Poggend. Ann. CXXIV, 170.

bitte ward er indessen bald wieder frei gelassen. Er ging nun an den Hof Jakob's I. von England, Friedrich's Schwiegervater, der sich im Umgang mit Gelehrten gefiel, und lebte fortan bis an sein Ende in London.

Drebbel war nicht ohne Beobachtungsgeist und Erfindungsgabe, wie das mehrere Maschinen und Apparate bezeugen, die das Staunen seiner Zeitgenossen erregten. So ein Schiff, das angeblich zwei englische Meilen unter Wasser fuhr von Westminster bis Greenwich; ferner ein Instrument, das sobald die Sonne darauf schien eine liebliche Musik ertönen ließ und dgl. m. Auf solche Kunststücke scheint indess vorzüglich sein Streben gerichtet gewesen zu sein, und wiewohl er für seine Zeit nicht gemeine Kenntnisse in verschiedenen Zweigen der angewandten Mathematik besaß, so fehlte doch seinen Leistungen der rechte wissenschaftliche Geist.

Außer dem Thermometer wird Drebbel wohl auch die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops zugeschrieben. Diese Angabe, welche Drebbel abermals in Beziehung zu Galilei setzt, hat indess kein besseres Fundament als sein Anspruch auf die Erfindung des Thermometers. Man weiß mit Gewißheit nur, daß der holländische Gesandte Boreel im J. 1619 eine Art von zusammengesetztem Mikroskop bei Drebbel sah (§ 81), ob dieser dasselbe erfunden habe, wird nicht gesagt. Andererseits scheint nicht bezweifelt werden zu können, daß Galilei schon 1612 ein Mikroskop von seiner Hand dem Könige Sigismund von Polen verkehrte, und durch ein Werk von Boccalini: *Ragguagli di Parnasso*, welches ebenfalls 1612 zu Venedig erschien, ist es ebenso erwiesen, daß um diese Zeit die Mikroskope schon in Italien bekannt waren.

Bis nicht positive Angaben das Gegentheil darthun, hat man alle Ursache Galilei für den Erfinder des zusammengesetzten Mikroskops zu halten. Es möchte indess von dieser Erfindung gelten, was ich bereits von der des Thermometers bemerkt habe. Aller Wahrscheinlichkeit nach waren Galilei's Mikroskope noch sehr unvollkommen,

selbst die, welche er später im J. 1624 für den Fürsten Cesi in Rom verfertigte, sonst hätten sie wohl mehr Aufsehn erregt, und Galilei zu irgend einer erheblichen Entdeckung geführt.

Geographische Länge.

115. Die Gegenstände, welche Galilei während seines mehr als 50jährigen Wirkens beschäftigten, sind so zahlreich, daß es zu weit führen würde sie alle namhaft zu machen, oder bei jedem den Gang seiner Ideen speciell auseinander zu setzen. Ich will mich daher begnügen nur noch ein Paar seiner Leistungen zu betrachten, die, wenn sie für die Wissenschaft auch nicht von dem Nutzen gewesen sind, wie die bereits angeführten, doch wenigstens abermalige Proben von dem Erfindungstalent ihres Urhebers abgeben.

Eine der sinnreichsten darunter ist wohl die Idee, aus den Verfinsterungen der Jupitertrabanten durch ihren Hauptkörper die geographische Länge zu finden. Bei mehreren seiner Erfindungen hatte Galilei die Nutzenanwendung auf die Schiffahrtskunst im Auge, deren Vervollkommnung auch bei den häufigen Reisen, welche die Europäer schon damals in die transatlantischen Länder unternahmen, sich als ein großes Bedürfnis herausstellen mußte.

So erfand er 1617 seine Testiera, Celatone oder das Binokular-Teleskop zum Nutzen der Schiffer, so wollte er das Pendel als Zeitmesser auf dem Meere gebrauchen, und die Bewegungen der Jupitermonde, namentlich die Bedeckung des innersten dieser Monde durch den Hauptplaneten, zur Auffindung der für die Seefahrer so höchst wichtigen geographischen Länge benutzen, eine Idee, welche auch Peirese hatte, von der er aber abstand, als er hörte, daß sich Galilei damit beschäftige (§ 83). Galilei's Bemühungen in dieser Hinsicht waren für seine Zeit um so verdienstlicher, als damals das Problem der Meereslänge noch ganz in seiner Kindheit lag.

Zu Galilei's Zeiten waren die Seefahrer wohl im Stande die Polhöhe oder geographische Breite ihres Schiffs mit erträglicher Genauigkeit zu bestimmen, allein das zweite Element, welches noch hinzukommen muß, um die Lage eines Orts auf dem Meere wie auf dem Lande genau festzusetzen, die geographische Länge, vermochten sie nicht anders zu ermitteln als durch die höchst unsichere Schätzung der Geschwindigkeit des Schiffs mittelst des Logs, und der Richtung seines Laufs mittelst des Kompasses.

Es war dieses oft sehr trügliche und beschwerliche Mittel, welches freilich auch noch jetzt bei kurzen Reisen und im Nothfall gebraucht wird, dasjenige, auf welches sich die Seefahrer des XVI. und XVII. Jahrhunderts alleinig beschränkt sahen, so Bartholomäus Diaz bei seiner Umschiffung des Kaps im J. 1486, und Columbus bei seinen Entdeckungsreisen nach Amerika 1492.

Die Unvollkommenheit dieser Methode veranlaßte die Astronomen des XVI. Jahrhunderts auf bessere Mittel zu sinnen. Zunächst verfielen sie darauf, die Mondfinsternisse für diesen Zweck zu benutzen. Eine Mondfinsternis ist ein Ereigniß, welches an allen Orten der Erde, wo es sichtbar ist, gleichzeitig wahrgenommen wird, was nicht von einer Sonnenfinsternis gilt. Beobachtet man also den Anfang oder das Ende einer Mondfinsternis an verschiedenen Punkten der Erde, und merkt sich, was die Uhr an jedem Punkt in diesem Moment zeigt, so ergiebt sich aus der Verschiedenheit der Uhrzeiten der Unterschied in der geographischen Länge der Beobachtungsorte.

Allein eine Mondfinsternis ist eine viel zu seltene Begebenheit, als daß aus deren Beobachtung den Seefahrern irgend ein erheblicher Nutzen erwachsen sollte, wenn sie auch sonst, was nicht einmal der Fall ist, recht genau zu beobachten wäre. Deshalb geriethen die Astronomen des XVI. Jahrhunderts auf die Idee, statt der Mondfinsternisse die Abstände des Mondes von gewissen Fixsternen zu diesem Behufe anzuwenden. Es ist ein Deut-

scher, dem in dieser Idee die Priorität gebührt, nämlich **Johann Werner**, ein nürnbergischer Pfarrer, geb. 1468, gest. 1528. Er sprach diesen Gedanken 1514 in seinen Anmerkungen zur Geographie des **Ptolemaeus** zuerst aus.

Nach ihm haben noch viele andere Astronomen denselben Vorschlag gemacht als: **Apianus** (Bienewitz), Prof. der Mathematik zu Ingolstadt in seiner *Cosmographia* 1524. — **Orontius Finaeus**, Prof. der Math. in Paris, wo er 1555 starb. — **Gemma Frisius**, Arzt und Prof. der Medicin zu Löwen in seinen *Principiis astronomiae* 1547. — **Pedro Nuñez**, Prof. der Math. in Coimbra, welcher von 1492 bis 1577 lebte. — **Daniel Santbeck** 1560. — **Keppler** 1600. — **Morin**, Prof. der Math. in Paris 1645.

Allein alle diese Vorschläge blieben erfolglos, weil zur Anwendung der Methode eine Kenntniß des Mondlaufs erforderlich ist, wie man sie im XVI. Jahrhundert noch nicht besaß. Sie erfordert nämlich Tafeln, welche die Abstände des Mondes von den gewählten Fixsternen auf geraume Zeit im Voraus und mit Genauigkeit berechnet enthalten, und solche Tafeln zu liefern verstand man damals noch nicht. Erst im J. 1755 gelang es einem andern deutschen Astronomen, dem berühmten **Tobias Mayer** (geb. 1723 zu Marbach, gest. 1762), Prof. zu Göttingen, das Problem zu lösen, wofür nach seinem Tode die Wittve einen Theil des vom englischen Parlament darauf gesetzten Preises, nämlich 3000 Lstrl., erhielt.

Galilei's Idee war, wie man sieht, im Princip nicht neu, aber sie hatte vor der Beobachtung einer Mondfinsterniße den Vorzug, daß die Bedeckung eines Jupitertrabanten etwa alle 2 Tage erfolgt, und also ein viel häufigeres Ereigniße ist. Sie erfordert keine Winkelmessung, die man damals durch Fernröhre auch noch nicht zu machen verstand, sondern nur eine sorgfältige Festsetzung der Zeit des Phänomens von Seiten des Beobachters. Dazu hatte **Galilei** sein Celatone erfunden, das er 1617 eigens im Hafen von Livorno prüfte, ob es bei den Schwankungen

auf dem Schiffe eine sichere Beobachtung gewähre, und überdies suchte er mittelst des Pendels die Zeit zu bestimmen.

Allein Galilei's Vorschlag scheiterte an derselben Schwierigkeit, welche die Astronomen seiner Zeit beim Monde erfahren hatten; er vermochte nicht, den Lauf der Jupitertrabanten im Voraus mit Genauigkeit zu berechnen. Man weiß nicht recht, wie weit er gekommen ist. Er stellte indels vieljährige Beobachtungen zu diesem Zweck an, und noch nach seinem Tode wurde ein Schüler von ihm, Vincenzo Renieri, vom Großherzog von Toskana eigens besoldet, um die Beobachtungen fortzusetzen. Renieri war, wie es heißt, im J. 1647 nahe daran seine Arbeit zu publiciren, als plötzlich seine Papiere verschwanden und trotz aller Nachforschungen nicht wieder zu finden waren. Man muß fast argwöhnen, Renieri selber habe sie vernichtet, weil er die Erfolglosigkeit seiner Anstrengungen einsah.

Galilei's Idee erregte übrigens in der gelehrten Welt großes Aufsehen. Freilich schenkte Philipp II. von Spanien, an welchen sich Galilei wohl nicht ohne Hoffnung auf reiche Belohnung gewandt hatte, dem Antrage kein Gehör, aber desto aufmerksamer erwies sich die holländisch-ostindische Kompagnie, der allerdings wegen ihrer ausgedehnten Schifffahrt nach den Kolonien sehr viel an einer genügenden Lösung des Problems von der Meereslänge gelegen sein mußte. Sie belohnte Galilei's Idee nicht nur durch kostbare Geschenke, sondern sandte auch zwei holländische Astronomen nach Arcetri zu Galilei, um diesen, der damals bereits erblindet war, in seinen Beobachtungen und Rechnungen zu unterstützen. Es waren dies Wilh. Blauw, ein Schüler Tycho's, bekannt durch Verfertigung von Himmelskugeln (starb 1638) und Hortensius, Van den Hove, Prof. der Mathematik am Gymnasium zu Amsterdam (geb. 1605, gest. 1639). Hatte nun gleich diese Sendung keinen Erfolg, so trug sie doch nicht wenig dazu bei, den Ruhm Galilei's in der großen Welt zu erhöhen.

Winkeltheilung.

116. Ein anderer Gegenstand, auf den Galilei sein Augenmerk richtete, war die Vereinfachung der astronomischen Instrumente, die damals noch ziemlich complicirt waren. Er zeigte, daß es zu einer Sternwarte im Grunde nur zweier Instrumente bedarf, eines im Meridian aufgestellten Fernrohrs und eines Zeitmessers, und bekanntlich genügen auch beide Instrumente zu den Hauptaufgaben der Astronomie.

Sinnreich ist die Methode, die er dabei angiebt, die Bruchtheile der Grade an Winkelinstrumenten zu finden, ohne daß man nöthig hat, die Theilung direkt weiter als bis auf ganze Grade fortzusetzen. Bereits Tycho bediente sich zu demselben Zweck der Transversallinien auf der Kreistheilung. Allein diese und andere noch unvollständigere Methoden sind durch bequemere und genauere verdrängt worden, durch die Mikrometerschraube und den Nonius, der noch zu Galilei's Lebzeiten erfunden ward.

Bekanntlich ist der Nonius eine kleine bewegliche Skale, die sich neben der festen, welche durch sie getheilt werden soll, verschieben läßt und so getheilt ist, daß eine gewisse Anzahl ihrer Theile um einen Theil kleiner oder größer ist, als die Anzahl der Theile auf dem gleichen Abstand der festen Skale. Die Differenz der Theile des Nonius N und der Skale S giebt dann die Bruchwerthe der Skalentheile an. Will man die Theile der Skale z. B. in 20 Theile theilen, so macht man

$$20 N = 19 S \text{ oder } 20 N = 21 S, \text{ woraus}$$

$$N = \frac{19}{20} S \text{ oder } N = \frac{21}{20} S, \text{ also}$$

$$S - N = \frac{1}{20} S \text{ oder } N - S = \frac{1}{20} S.$$

Gewöhnlich schreibt man die Erfindung des Nonius dem im vorigen § erwähnten portugiesischen Mathematiker Pedro Nuñez oder Nonius zu, Prof. der Math. zu Coimbra. Nuñez hat sich allerdings als Mathematiker vortheilhaft

bekannt gemacht; er hat Untersuchungen angestellt über die loxodromische Linie und über die kürzeste Dämmerung, hat auch ein für seine Zeit gutes Handbuch der Schifffahrtskunst geschrieben, allein auf die Erfindung des Nonius, von dem er in seinem Werk: *De crepusculis liber unus*, Lisbon. 1542 eine Beschreibung giebt, kann er keine Ansprüche machen, und es geschieht also sehr mit Unrecht, daß man das Instrument nach seinem Namen nennt.

Der wahre Erfinder des Instruments ist **Pierre Vernier**, geb. 1580 und gest. 1637 zu Ornans in der Franche Comté. Er beschrieb das Instrument in: *La construction, l'usage et les propriétés du quadrant de mathématique etc.* Brux. 1631. Die Franzosen haben also Recht das Instrument nach ihm zu nennen, ob sie aber den Urheber zugleich als ihren Landsmann betrachten dürfen, ist zweifelhaft. **Vernier** lebte in den Niederlanden als Unterthan des Königs von Spanien aus dem Hause Oesterreich; auf dem Titelblatt seines Buchs nennt er sich Kapitän und Kastellan Seiner Majestät des Königs, sowie General-Direktor von deren Münzen in Burgund. Die Franche Comté übrigens, in der er geboren war, gehörte bis zum J. 1668 zum deutschen Reich.

Vernier's Vorschlag wurde lange übersehen, und so konnte es geschehen, daß nach einer geraumen Zeit selbst in den Niederlanden zwei andere Personen denselben als etwas neues wieder vorbrachten, nämlich **Hedraeus**, ein schwedischer Stipendiarius auf der Universität Leyden und später Prof. der Mathematik in Upsala im J. 1643, und **Gutschoven**, Prof. der Anatomie und Mathematik zu Löwen im J. 1674. Mit Recht sind deren Ansprüche jetzt vergessen; **Vernier** allein gebührt die Ehre der Erfindung eines Instruments, das nicht minder zum Fortschritt der messenden Wissenschaften beigetragen hat, als das Fadenkreuz im Brennpunkt der Fernröhre und Mikroskope.

Zur Akustik.

117. Noch hätte ich vom Proportionalzirkel zu reden, den Galilei kurz nach 1594 erfand und 1606 in einem eigenen Schriftchen beschrieb. Allein ich will die lange Liste seiner Entdeckungen und Erfindungen schließen, um nur noch sein Anrecht auf die erste Beobachtung eines Phänomens zu erörtern, das wir Deutsche gewohnt sind unserm Landsmann Chladni zuzuschreiben; ich meine die Klangfiguren.

In neuerer Zeit 1816 hat der bekannte französische Physiker Biot behauptet, die Entdeckung dieser für die Akustik so interessanten Gestalten gebühre nicht Chladni, sondern dem großen Florentiner. Untersuchen wir, in wie weit dies Urtheil gegründet ist. Galilei hat allerdings verschiedene hierher gehörige Beobachtungen angestellt, so unter Anderem hat er beobachtet, daß wenn man mit nassem Finger auf dem Rand eines Glases herumbstreicht, das in dem Glase enthaltene Wasser ringförmige, concentrische Erhöhungen und Vertiefungen seiner Oberfläche zeigt, sobald sich ein Ton hören läßt.

Es sind dies die sogenannten stehenden Wellen, herrührend davon, daß die Schwingungen des Glases, welche den Ton erzeugen, sich dem Wasser mittheilen, wodurch Wellen erzeugt werden, die hin und zurücklaufend einander an bestimmten Punkten fortwährend durchkreuzen. Galilei beobachtete hierbei, daß wenn der Ton des Glases in die höhere Oktave überspringt, was zuweilen bei dem Versuche geschieht, sich zugleich jede Welle in zwei Wellen theilt. Diese Wellen haben nur so lange Bestand, als man das Tönen des Glases mit dem Finger unterhält; sollte es aber nicht möglich sein, fragt Galilei bei dieser Gelegenheit, Wellen zu erzeugen, die dauernd wären, so daß man sie mit Genauigkeit messen und zählen könnte?

Allerdings, setzt er hinzu, denn wenn man, wie er einmal zufällig gefunden, mit einem Schabeeisen schnell auf einer Messingplatte hinwegstreicht, so lasse sich mit-

unter ein schrillender Ton vernehmen, und wenn dies der Fall ist, so bemerke man hernach auf der Platte eine große Anzahl feiner Striche parallel und in gleichen Abständen. Man bemerke auch, daß diese Striche einander um so näher lägen, je höher der Ton sei. Diese Erscheinung ist nun zwar recht interessant, hat aber mit den Klangfiguren nichts gemein, deren Entdecker allein Chladni ist.

Auch über die Schwingungen tönender Saiten hat Galilei Untersuchungen angestellt, aus denen er den Schluss zog, daß die Tonhöhe von der Anzahl der Schwingungen abhängt, und daß bei Saiten von gleicher Dicke, gleicher Substanz und Spannung sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Längen der Saiten, also die Dauer der Schwingungen direkt wie die Saitenlängen verhalten. Dieses Ergebnis verdient deswegen besondere Anerkennung, weil mit ihm die physikalische Erforschung der Töne anhebt.

Aus der bisherigen keineswegs vollständigen Schilderung von Galilei's Leistungen ist zu ersehen, wie groß und mannichfach die Verdienste sind, welche derselbe sich um die physikalischen Wissenschaften erworben hat. Wenn ein Einzelner auf die Ehre des Begründers einer so vielfach verzweigten Wissenschaft, wie die Physik ist, Anspruch machen kann, so ist sie unbedenklich keinem andern als Galilei zu ertheilen. Denn er hat den Grund zu der wissenschaftlichen Mechanik gelegt, die alle übrigen Theile der Physik mehr oder weniger als Nerv durchzieht.

Es sind indeß nicht bloß die Resultate seiner Forschungen, welche ihn zu dieser Ehre berechtigen, sondern ebenso sehr der Geist, die Methode derselben, die stete Verknüpfung des Experiments mit der mathematischen Spekulation, eine Verknüpfung, die wir noch heute als die einzig solide Basis der Naturforschung anerkennen, und die keiner vor ihm mit solchem Erfolg zu Stande gebracht hat wie Er.

Magnetismus.

118. Um die Zeit des XII. Jahrhunderts lernten die Schiffer des mittelländischen Meeres den Kompaß kennen, wahrscheinlich durch Vermittlung der Araber, die ihrerseits dieses nützliche Werkzeug muthmaßlich von den Chinesen hatten (§ 46 u. f.). Durch die Bekanntschaft mit dem Kompaß hatte die Kenntniß vom Magnetismus einen wesentlichen Zuwachs bekommen, denn man hatte gelernt, was den Alten völlig unbekannt war, daß eine magnetisirte Stahlnadel oder auch schon ein natürlicher Magnetstein bei gehöriger Beweglichkeit eine so gut wie feste Richtung annehme, wenigstens eine Richtung, die an einem und demselben Ort innerhalb einer mäßigen Zeit als fest zu betrachten ist.

Man könnte vielleicht glauben, die Erfindung des Kompasses hätte zugleich auch die Entdeckung des Erdmagnetismus sein müssen. Allein das war keineswegs der Fall, mehr als 400 Jahre verflossen, ehe man vom ersten Schritt zum zweiten überging. Selbst die empirische Kenntniß des Phänomens machte in den ersten Jahrhunderten nur sehr langsame Fortschritte. Anfangs glaubte man die Magnetnadel zeige genau nach Norden (oder Süden), wodurch man sich sogar, wie man später lernte, von den Chinesen hat beschämen lassen, da diese schon ums J. 1100 wußten, daß es nicht allgemein der Fall sei (§ 48). Der Irrthum der Europäer war indeß insofern verzeihlich, als einerseits ihre Kompassse anfangs keine Gradtheilung besaßen, und andererseits die Abweichung der Magnetnadel vom Meridian, d. h. die Deklination, wirklich um die Zeit des XIII. und XIV. Jahrhunderts im südlichen Europa nur gering war.

Wer unter den Europäern zuerst die Deklination überhaupt und die Verschiedenheit der Deklination an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche wahrgenommen habe, ist nicht mit voller Gewißheit zu sagen, aber einleuchtend ist, daß diese Verschiedenheit und damit die Deklination

selbst nicht lange verborgen bleiben konnte von der Zeit an, da man größere Seereisen machte.

Nach einer Erzählung, die Thévenot in seinem *Recueil des voyages*, Paris 1681 mittheilt, soll Peter Adsigerius schon im J. 1269 eine Abweichung von 5° wahrgenommen haben. Allein die Nachricht ist unlauter, es ist nicht gesagt, wo diese Beobachtung gemacht sei, und ob diese Deklination von der an anderen Orten abweiche.

Sicherer ist die Annahme, daß unter den Europäern Christoph Columbus es war, der zuerst die Deklination und ihre Ungleichheit an verschiedenen Orten der Erdoberfläche beobachtete. Als derselbe auf seiner ersten Entdeckungsreise nach Amerika 200 Seemeilen von Ferro am 13. September 1492 bei Sonnenuntergang eine astronomische Beobachtung machte, fand er zu seinem Erstaunen, daß das Nordende der Magnetnadel etwa einen halben Strich ($5\frac{1}{2}^{\circ}$) nach Westen abwich.

Zu Columbus Zeiten verstand man schon recht gut astronomische Beobachtungen zur See zu machen, es ist daher einigermaßen auffallend, daß er und andere Seefahrer uns nichts von der magnetischen Abweichung im mittelländischen Meere sagen, da diese doch damals keineswegs null sein konnte. Am Schlusse des XVI. Jahrhunderts war die Deklination im Mittelmeer östlich, etwa 9° in Italien (§ 59) und nahm ab, es mußte also im XV. Jahrhundert diese östliche Deklination noch größer sein. Es kann daher befremden, daß Columbus durch eine westliche Abweichung von $5\frac{1}{2}^{\circ}$ in Erstaunen gesetzt ward, während er zu Palos, dem Hafen, wo er auslief, sicher eine ebenso große östliche hätte beobachten können.

Aber vielleicht war es auch nur dieser Uebergang der östlichen Deklination in eine westliche, welche ihm Verwunderung und Besorgniß abnöthigte; auch ist es möglich, daß man bei den im mittelländischen Meer üblichen Kompassen der Magnetnadel schon eine solche Stellung gegen die sogen. Windrose gegeben hatte, daß sie genau nach Norden zeigte. Es ist dies um so glaublicher, als

man noch lange, nachdem die Deklination als Thatsache erwiesen war, ziemlich allgemein die Meinung hegte, es sei dieselbe etwas zufälliges, rühre von einer fehlerhaften Konstruktion der Magnetnadel her, daher man denn auch allerlei Versuche machte Magnetnadeln zu konstruiren, die genau nach Norden zeigten.

Wie dem auch sein mag, wenn **Columbus** auch nicht der erste Europäer war, der die magnetische Deklination überhaupt entdeckte, so scheint er doch die Ungleichheit derselben an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zuerst wahrgenommen zu haben. Gegenwärtig wird ihm dieses Verdienst auch nicht streitig gemacht, doch muß ich erwähnen, daß sowohl **Gilbert**, mit dem wir uns bald näher bekannt machen werden, als auch **Riccioli** zwei andere Männer als Entdecker dieses Phänomens nennen, nämlich **Sebastian Cabot** und **Gonzales Oviedo**.

Sebastian Cabot (Caboto, Gaboto), Sohn des Venetianers **Joh. Cabot**, machte im Dienst und Auftrage des Königs **Heinrich VIII.** von England eine Reise nach dem Norden von Amerika, auf welcher er 1497 *Prima vista* (New-Foundland) entdeckte, und bald darauf am 24. Juni 1497 das Festland von Amerika betrat, merkwürdiger Weise früher, als dies mit **Columbus** der Fall war, der erst am 5. August 1498 fünf Lieues von Cabo de Lapa im Golf von Paria den Fuß auf den Kontinent von Amerika setzte, und zwar ohne es zu wissen, da er bis an sein Ende in dem Glauben blieb, Cuba sei schon ein Theil des Festlandes. Diesem **Cabot** schreibt **Gilbert** gradeswegs die Entdeckung der magnetischen Deklination zu.

Der andere Kompetent **Gonzales Oviedo**, auch ein Zeitgenosse von **Columbus**, ist durch eine Beschreibung von Indien berühmt, in welcher er, wie **Gilbert** sagt, berichtet, daß die Magnetnadel in dem Meridian der Azoren keine Abweichung zeige.

Beide Zeugnisse können richtig sein, ohne wie man sieht **Columbus** in der Priorität seiner Beobachtung Eintrag zu thun. Uebrigens ist das Zeugniß für **Cabot** inso-

fern verdächtig, als de l'Isle eine Handschrift vom Piloten Orignon aus Dieppe gesehn hat, welche von 1534 datirt dem Cabot zugeeignet war, und in welcher von der Abweichung der Magnetnadel die Rede ist, so daß es zweifelhaft ist, ob Cabot die Deklination entdeckt hat oder sie bereits vor ihm bekannt war¹⁾).

119. Man würde sich sehr irren, wenn man glauben wollte, daß die Deklination, nachdem sie entdeckt war, auch überall bekannt und anerkannt worden sei. Das war keineswegs der Fall, und zwar nicht bloß wegen der Langsamkeit des damaligen wissenschaftlichen Verkehrs, sondern hauptsächlich wegen der Hartnäckigkeit der Physiker und Mathematiker jener Zeit, welche die Abweichung der Magnetnadel vom astronomischen Meridian nicht mit ihren eingebildeten Lehrsätzen vereinbar fanden.

So schrieb Pedro de Medina, ein spanischer Mathematiker zu Valladolid noch im J. 1545, also etwa 50 Jahre nach Columbus erster Reise eine Schifffahrtskunst, worin er ausdrücklich die Deklination der Magnetnadel läugnet. Er schrieb sie der fehlerhaften Magnetisirung der Kompaßnadeln und der unrichtigen Beobachtung der Schiffer zu. Auch Nonius, der bereits früher erwähnte Professor zu Coimbra (§ 116) war ähnlicher Meinung, oder glaubte sie käme daher, daß die Kompaßnadeln bei langem Gebrauch an Kraft verlören.

Indefs häuften sich die Erfahrungen, welche die spanischen und portugiesischen Seefahrer auf ihren weiten Reisen durch beide Oceane machten, immer mehr, und so sahen sich denn die Gelehrten genöthigt ihre vorgefaßten Theorien fahren zu lassen. Einen Beleg dazu giebt das Handbuch der Schifffahrtskunst, welches Martin Cortez im J. 1556 zu Sevilla herausgab. In diesem findet man die magnetische Abweichung als eine völlig erwiesene Thatsache hingestellt und nicht bloß dies, sondern auch Regeln und Instrumente zum Messen derselben angegeben.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 253.

Noch früher wurde die Thatsache in Deutschland anerkannt, aber wie es oft geht, von hier aus wenig oder gar nicht ins Ausland gefördert. **Georg Hartmann**, geb. 1489 zu Eckoltsheim bei Bamberg und gest. 1564 als Vikar an der St. Sebaldus-Kirche zu Nürnberg, war ein Mann, der Italien bereist hatte, sich viel mit der Verfertigung von Astrolabien, Sonnenuhren und dergl. Instrumenten beschäftigte, auch 1540 den Kaliberstab zur Bestimmung des Kugelgewichts bei Geschützen erfand, und die *Perspectiva communis* des **Joh. Pisani** 1542 übersetzt herausgab. Wie **Levin Hulsius** aus Gent, der 1590 nach Nürnberg kam und daselbst 1597 eine *Descriptio et usus viatorii et horologii solaris* veröffentlichte, in diesem Werke angiebt, hat **Hartmann** schon 1536 beobachtet, daß zu Nürnberg die Deklination $10\frac{1}{4}^{\circ}$ betrage ¹⁾. In einem Brief an den wissenschaftlich gebildeten Herzog Albrecht von Preußen, der vom 4. März 1544 datirt, sagt **Hartmann** ebenfalls, daß die Abweichung zu Nürnberg 10° betrage, daß sie aber in etlichen Ländern nur 6° sei, wie er dies selbst zu Rom beobachtet habe. ²⁾

Auch **Orontius Finaeus** (Oronce Finé), Prof. zu Paris, ein zu seiner Zeit berühmter aber doch ziemlich mittelmäßiger Mathematiker, indem er in dem Glauben stand, die Quadratur des Zirkels gefunden zu haben, beobachtete im J. 1550 die Deklination zu Paris, und fand sie gleich 8° .

Endlich schenkten auch die Engländer den Phänomenen des Erdmagnetismus ihre Aufmerksamkeit, und leisteten bald mehr als alle anderen Völker zu deren genauerer Erforschung. Im J. 1580 veröffentlichte der englische Künstler **Robert Norman**, zugleich ein erfahrener Seemann, unter dem Titel *The new attractive* ein Werkchen, worin er nicht nur weitläufig von der magnetischen Abweichung redete, sondern auch den ersten Schritt zu einer richtigen Ansicht von der Ursache derselben that.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 253.

²⁾ Dove, Repertorium II, 129.

Im Allgemeinen glaubte man, es sei die Anziehung eines Punktes am Himmel, welche der Magnetnadel ihre Richtung gebe; das war u. A. die Ansicht von **Columbus**. Der berühmte **Paracelsus** (gest. 1541 zu Salzburg) verlegte diesen Punkt in das Sternbild des großen Bären, dasselbe that **Cardano**, und der genannte **Martin Cortez** ließ den Anziehungspunkt am Himmel sich bewegen. **Norman** hatte nun in sofern eine richtigere Ansicht, als er den anziehenden Punkt in die Erde verlegte, eine Ansicht, in der er einigermassen einen Vorgänger in dem berühmten Arzt und Mathematiker **Fracastoro** zu Verona hatte, indem derselbe in den nördlichen hyperboreischen Gegenden Gebirge mit gewaltigen Eisenmassen fingirte, welche auf die Kompaßnadeln wirken sollten. Aehnliches sagte **Olaus Magnus**, ein Schwede, der von 1490 bis 1558 lebte und in Rom starb. Derselbe fabelte, es wären am Nordpol ganze Berge, die einen solchen Magnetismus äuserten, daß man daselbst nur Schiffe mit hölzernen Nägeln brauchen könne, indem eiserne Nägel aus den Schiffsplanken herausgezogen würden.

In der dritten Auflage des normanschen Werks, die einige Jahre nach 1580 erschien, gab ein gewisser **William Burroughs**, Kontrolleur bei der englischen Marine, ein Verzeichniß der damals bekannten Abweichungen für verschiedene Punkte der Erdoberfläche und machte zugleich, was bemerkenswerth ist, den Versuch die Deklination an verschiedenen Orten durch eine Formel auszudrücken. Natürlich mußte der Versuch scheitern, da man selbst jetzt, nach so vielen tausend Beobachtungen an verschiedenen Punkten der Erde, noch nicht zur genügenden Lösung dieses Problems gelangt ist.

Einige Jahre darauf äußerte auch **Porta** in seiner *Magia naturalis* von 1589 einen ähnlichen Gedanken. Er wußte, daß die Deklination zu seiner Zeit in Italien 9° östlich, bei den Azoren 0° und in Westindien westlich sei. Er meinte nun, wenn man einen großen Kompaß mache, etwa von 10 Fuß Durchmesser, und diesen einmal

auf einer Reise quer durch das Atlantische Meer genau beobachte, so könne man mittelst des Kompasses die geographische Länge auf dem Meere finden. Diese Idee ist später mehrmals wieder aufgetaucht, bis sie sich denn bei genauerer Kenntniß der Deklinationsverhältnisse als ganz unpraktisch erwies.

120. Bis dahin hatte man die magnetische Deklination zwar als ungleich an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche erkannt, hielt sie aber doch für konstant an einem und demselben Ort. Diese Ansicht sollte indeß bald umgestoßen werden durch Henry Gellibrand, Prof. der Astronomie am Gresham College zu London, der 1636 im 39. Jahre seines Lebens starb. Als dieser nämlich seine eigenen Beobachtungen zu London mit denen verglich, die früher daselbst von seinem Vorgänger Gunter und von Norman angestellt waren, fand er, daß die Deklination daselbst beträchtlich im Abnehmen begriffen war, denn

Norman beobachtete im J. 1576 : $11^{\circ} 15'$ östl.

Gunter - - - 1622 : $6^{\circ} 12'$ -

Gellibrand - - - 1634 : $4^{\circ} 5'$ -

Gellibrand veröffentlichte seine Entdeckung 1635 zu London in einer Schrift: *A Discourse mathematical on the variation of the magnetic needle*, zu nicht geringer Bestürzung der Seefahrer, die dadurch sehr in dem Glauben an die Zuverlässigkeit des Kompasses erschüttert wurden. Ein gewisser Bond, Lehrer der Mathematik zu London, suchte sie zwar zu trösten, indem er 1650 in seinem *Seaman's Kalendar* eine Formel aufstellte, nach welcher er glaubte die Veränderungen der Deklination im Voraus berechnen zu können, allein es zeigte sich bald, daß sie selbst für London nur annähernd richtig war.

Der oben genannte Edmund Gunter, geb. 1581, gest. 1626, war Prof. der Astronomie am Gresham College zu London. Er erfand die Meßkette und den logarithm. Rechenstab, und soll bereits 1622 vor Gellibrand die Veränderung der magnetischen Deklination entdeckt haben.

Uebrigens muß ich noch bemerken, daß man auch zu Paris Beobachtungen anstellte, aus welchen sich die in Rede stehenden Veränderungen gleichfalls ergaben, denn es beobachteten:

Sennertus und Offucius im J. 1580 : $11^{\circ} 30'$ östl.

Nautonnier - 1603 : $8^{\circ} 45'$ -

Petit - 1630 : $4^{\circ} 30'$ -

Allein man unterliefs es, irgend einen Schluß aus diesen Beobachtungen zu ziehen, und daher gehört denn auch die Entdeckung der säkulären Variation der magnetischen Abweichung keinem andern als Gellibrand, eine Entdeckung, die dadurch ihre Bestätigung fand, daß die Magnetnadel in ihrer fortwährenden Annäherung an den Meridian denselben im J. 1660 für das nordwestliche Europa erreichte, und von nun an mit ihrem Nordende nach Westen abwich, in welcher Bewegung sie im März 1819 ihr Maximum erreichte, für welches Oberst Beaufoy zu Bushey Heath bei Stanmore in England im März 1819 durch eine fortgesetzte Reihe von Beobachtungen $24^{\circ} 41' 42''$ West. fand.

Seit diesem Jahr nimmt die Deklination in England und den benachbarten Ländern wieder ab, und wenn diese Abnahme gleichen Schritt mit der Zunahme hält, würde die Magnetnadel im J. 1978 wieder genau nach Norden zeigen.

Sonach umfaßte die Kenntniß des Erdmagnetismus am Ende des ersten Drittels vom XVII. Jahrhundert folgende drei Thatsachen:

1) die Deklination überhaupt; 2) ihre Verschiedenheit an verschiedenen Orten der Erde, und 3) die Veränderung derselben an einem und demselben Ort, d. h. die säkulären Veränderungen oder diejenigen, die so langsam mit der Zeit fortschreiten, daß man ihre Periode noch nicht hat bestimmen können, oder die überhaupt noch unentschieden lassen, ob sie eine Periode haben. Die eigentlich periodischen, die täglichen und jährlichen Variationen sowie die anomalen plötzlichen wurden erst später entdeckt.

121. Alles dieses gilt von dem horizontalen Theil der erdmagnetischen Kraft, da die Kompaßnadel vermöge ihrer Konstruktion, mag nun die Nadel auf Wasser schwimmen oder auf einem Stifte schweben, nicht füglich oder nicht bedeutend von einer andern als horizontalen Kraft afficirt werden kann. Nun wissen wir gegenwärtig, daß die erdmagnetische Kraft nur an verhältnißmäßig wenigen Punkten der Erdoberfläche horizontal ist, daß diese Punkte auf einer Linie liegen, die in der Nähe des Aequators die ganze Erde in unregelmäßiger Gestalt umschlingt, und daß von dieser Linie aus nach den Polen hin die erdmagnetische Kraft mit dem Horizont einen immer größeren Winkel bildet.

Dieses Phänomen hätte wohl schon von den Seefahrern am Ende des XV. und zu Anfang des XVI. Jahrhunderts entdeckt werden können, da sie zum Theil in ziemlich hohe Breiten kamen, wie Bartholomäus Diaz 1486, Vasco de Gama 1497 und Magelhaens 1519. Man hat indess keine Nachricht, daß sie es beobachteten; oder falls sie beobachteten, daß die Kompaßnadel herabneigte, so haben sie es nicht weiter beachtet, und sich vielleicht geholfen, wie es jetzt wohl die Schiffer zu thun pflegen, daß sie ein Stückchen Wachs oder sonst eine kleine Masse an die Magnetnadel kleben, um sie wieder in die horizontale Lage zurück zu führen.

Der erste, welcher, soviel man weiß, die Neigung der Magnetnadel beobachtet hat und von ihr Nachricht giebt, der also als Entdecker der Neigung oder Inklinat ion der erdmagnetischen Kraft betrachtet werden muß, ist der schon erwähnte Hartmann (§ 119). In dem Brief, den er am 4. März 1544 an den Herzog Albrecht von Preußen schrieb, heißt es nämlich:

Zu dem Andern finde ich auch dieses an dem Magneten, daß er sich nicht allein wendet von der Mitternacht und lenket sich gegen den Aufgang um 9° ungefähr, wie ich es gemeldet habe, sondern er zeigt auch unter sich. Nun beschreibt er sein Verfahren, wobei denn das Züngele des

*Kompafs um etwa 9° fiel*¹⁾. Das Verfahren **Hartmann's** war indeß sehr unvollkommen, wohl hinreichend das Dasein der Neigung zu erweisen, aber keineswegs tauglich die Gröfse derselben auch nur annähernd zu messen, wie denn auch sein Resultat natürlich sehr bedeutend von der Wahrheit abweicht, 9° statt 70°!

Erst 33 Jahre später wurde die Inklination genügender beobachtet, und zwar von **Robert Norman**. Als derselbe bei Anfertigung von Kompaßnadeln die Beobachtung von **Hartmann** machte, wurde er auf die Konstruktion des Inklinatoriums geführt, welches er zuerst im J. 1576 verfertigte²⁾. Die Magnetnadel dreht sich bei diesem Instrument um eine horizontale Axe, welche möglichst genau durch den Schwerpunkt der Nadel geht, so daß diese, wenn sie in der richtigen Vertikalebene aufgestellt ist, frei der Richtung der magnetischen Kraft folgen kann. Mit Hülfe dieses Instruments gab **Norman** im J. 1576 für London eine Bestimmung, die vermuthlich nicht sehr von der Wahrheit abwich. Er fand die Neigung 71° 50'.³⁾ — Die erste Neigungsbeobachtung in Paris wurde 1671, und 1755 die erste in Berlin und wohl auch zugleich in Deutschland gemacht.

Norman fand auch die beachtenswerthe Thatsache, daß durch die Magnetisirung des Stahls dessen Gewicht nicht geändert wird.

122. Bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts beschränkte sich die Kenntniß von der Inklination auf das bloße Dasein derselben, von welcher übrigens, beiläufig gesagt, die Chinesen, welche doch die Deklination so frühzeitig beobachteten, niemals Kunde erhalten zu haben scheinen. Aber bald sollte auch hier der Gesichtskreis erweitert werden und zwar durch den Mann, der in der Geschichte des Magnetismus eine ähnliche Rolle spielt

¹⁾ Dove, Repertorium II, 130.

²⁾ Musschenbroek, Dissertatio de Magnete, in *Diss. phys. et geometr.* I, 189.

³⁾ Ibid. p. 67.

wie Galilei in der übrigen Physik, namentlich in deren mechanischem Theil, dies ist:

William Gilbert geb. zu Colchester 1540, gest. 1603 zu London. Nachdem er seine Studien zu Oxford und Cambridge vollendet hatte, besuchte er das Ausland und ließ sich dann 1573 als Arzt in London nieder, wo er bald in solchen Ruf kam, daß die Königin Elisabeth ihn zu ihrem Leibarzt wählte, und ihm überdies ein Jahrgelt zur Betreibung seiner wissenschaftlichen Untersuchungen aussetzte, welches er auch unter Jakob I. behielt, aber nicht lange, da er bald nach dessen Regierungsantritt verschied.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß Gilbert in wissenschaftlichem Verkehr stand mit Lord Baco, da dieser um dieselbe Zeit bei der Königin Elisabeth sehr angesehen war, und daraus würde sich auf eine ungezwungene Weise die Aehnlichkeit in Ansichten und Sprache erklären, die man in den Schriften beider Männer bemerkt haben will. Man muß indess gestehen, daß Gilbert, wenn auch nur für einen einzelnen Zweig der Physik, die Grundsätze, welche Baco predigte, viel wirksamer ausübte als dieser, und für seine Zeit ein höchst ausgezeichnete Physiker genannt werden muß. Wir besitzen von ihm ein Werk: *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure Physiologia nova, Londini 1600*, welches davon ein glänzendes Zeugniß ablegt. Es ist das erste seiner Art, mit Klarheit geschrieben und voll sinnreicher Versuche, welche zeigen, daß sein Verfasser den Werth experimenteller Untersuchungen in vollem Maße erkannte. Sonderbarer Weise hat es aber in der ersten Zeit in England weniger Aufsehn gemacht als im Ausland, denn während dort bis 1628 nur zwei Ausgaben in lateinischer Sprache herauskamen, erschienen deren in Holland und Deutschland fünf; ich selbst besitze eine von 1633 in Stettin gedruckt von Wolfgang Lochmann.

Ein anderes Werk von Gilbert ist: *De mundo nostro sublunari Philosophia nova, Amstelodami 1651*, welches nach

seinem Tode erschien und ein Versuch ist, an Stelle der aristotelischen Philosophie eine neue bessere aufzustellen.

Gilbert macht zunächst dadurch Epoche in der Geschichte des Magnetismus, namentlich des tellurischen, daß er zuerst die Idee aussprach, die Erde sei ein großer Magnet, welcher Pole habe wie ein gewöhnlicher Stahlmagnet. Er entwickelt ausführlich, daß die Ursache der Richtung der Kompaßnadel nicht am Himmel zu suchen sei, auch nicht in zufälligen Eisenmassen der nördlichen Gebirge, sondern daß sie dem Erdkörper als Gesamtheit zukomme.

Diese große und richtige Idee giebt Gilbert ein volles Recht als Entdecker des tellurischen Magnetismus betrachtet zu werden. Um die Analogie der Erde mit einem Magneten darzuthun, konstruirte er einen kugelförmigen Stahlmagneten, welchem er den noch jetzt gebräuchlichen Namen Terella beilegte. Mittelst einer solchen Terella, an welcher er eine an einem Faden hängende Magnetnadel herumführte, suchte er nun anschaulich zu machen, wie die Richtung der erdmagnetischen Kraft von Ort zu Ort sich verändern müsse.

Gewiß gereicht es ihm sehr zur Ehre, daß er zu einer Zeit, da außer London noch an keinem Ort der Erdoberfläche Inklinationsbeobachtungen angestellt waren, bereits divinierte, daß die Inklination nicht überall dieselbe sei, sondern von dem Aequator nach den Polen hin wachse. Erst fünf Jahre nach seinem Tode wurde diese Divination bestätigt durch Hudson, den berühmten Entdecker der Hudsonsbay; denn als dieser im J. 1608 unter $75^{\circ} 22'$ nördl. Br. die Inklination maß, fand er sie $89^{\circ} 30'$, während sie zu London von Norman im J. 1576 $= 71^{\circ} 50'$, und von Gilbert selbst im J. 1600 $= 72^{\circ}$ gefunden war.

Baffin fand sie später im J. 1613 unter $65^{\circ} 45'$ nördl. Br. nur $63^{\circ} 30'$, allein sein Instrument war fehlerhaft, es gab für London nur 54° , es zeigte indess doch einen Zuwachs.

123. Bei der geringen Zahl von Beobachtungen, die Gilbert zu Gebote standen, war es wohl nicht zu verwundern, daß er mit der im Ganzen richtigen Idee auch noch manche Irrthümer verband. Zu diesen gehörte u. A., daß er glaubte, die magnetischen Pole der Erde fielen mit den geographischen zusammen, und der magnetische Aequator mit dem geographischen, während wir wissen, daß dies nicht der Fall ist, und namentlich der magnetische Aequator keinen größten Kreis darstellt, sondern eine ziemlich unregelmäßige Linie; auch verlegte er die Pole an die Enden der Erdaxe in die Oberfläche der Erde.

Aus diesem Irrthum entsprang bei Gilbert der andere, daß er meinte, man könne aus der Inklination der Magnetenadel die geographische Breite oder Polhöhe der Orte finden. Dieser Irrthum ist um so auffallender, als Gilbert andererseits sehr wohl einsah, daß die Deklination der Nadel nicht zur Bestimmung der geographischen Länge dienen könne. Er widerlegt Porta in dieser Beziehung ausführlich und bemerkt ganz richtig, daß wenn man auch experimentell die Veränderungen der Abweichung unter einem Parallelkreis ganz genau ermittelt habe, man daraus allgemein noch nicht die geographische Länge herleiten könne, weil jene Veränderungen unter jedem Parallel verschieden seien, in nördlichen Breiten viel größer als unter südlicheren.

Man kann vielleicht fragen, wie Gilbert die Verschiedenheit der Deklination auf einem und demselben Parallel oder überhaupt die Deklination mit seiner Theorie von der Koincidenz der magnetischen und geographischen Pole zu vereinigen wußte. Die Antwort darauf ist, daß er neben der Hauptmagnetaxe, welche er der Erde beilegte, noch störende Einflüsse annahm, hervorgehend aus der unregelmäßigen Gestalt des festen Erdkörpers, den er allein als magnetisch ansah, und nicht das Wasser! In der Mitte des Oceans, sagte er, muß die Deklination null sein, weil da gleichsam Amerika und Europa einander das Gleichgewicht halten, näher an Europa ist sie östlich, näher an Amerika

ist sie westlich, weil da die Wirkung des einen und des anderen Kontinents überwiegt.

Diese Ansicht stimmte mit den Erfahrungen, die zu Gilbert's Zeit bekannt waren, in der Hauptsache überein, aber die spätere Entdeckung der Veränderlichkeit der Deklination an einem und demselben Ort hat sie natürlich über den Haufen werfen müssen.

124. Gilbert, der, was ihm gleichfalls zur Ehre gereicht, ein Anhänger der kopernikanischen Lehre war, untersuchte auch die Frage, ob wohl der Magnetismus der Erde die Ursache ihrer Axendrehung sei; er kam indeß zu dem Resultat, daß dies nicht der Fall sein könne, und daß überhaupt die Ursache der Axendrehung der Erde unbekannt sei. Ich führe dies an, weil man Gilbert hat andichten wollen, er habe geglaubt, die Erde drehe sich vermöge ihres Magnetismus um ihre Axe. Freilich führt er an, Petrus Peregrinus behaupte, ein kugelförmiger Magnet, der in seinen Polen aufgehängt sei, drehe sich in 24 Stunden einmal um seine Axe, allein er setzt auch hinzu, der Versuch habe ihm nicht gelingen wollen.

Es fehlte daher auch noch, daß ein späterer Physiker Petit ebenfalls diesen Versuch als irrig bezeichnete, und dadurch dem Jesuiten Pater Grandami zu einer schlechten Demonstration gegen die Bewegung der Erde Anlaß gab. Dieser Mann schloß nämlich in seiner *Nova demonstratio immobilitatis terrae petita ex virtute magnetica*, La Flèche 1645 also: Die Erde ist ein Magnet, ein Magnet dreht sich nicht in 24 Stunden um seine Axe, folglich thut es die Erde auch nicht!

Zu Gilbert's Zeiten lag die Mechanik des Magneten noch ganz in ihrer Kindheit, oder vielmehr sie war noch gar nicht geboren. Daher dürfen wir uns denn auch nicht wundern, wenn er über Erscheinungen nicht ins Reine kommen konnte, die uns heute sehr einfach dünken. So z. B. hatte ihn Norman den Versuch gelehrt, daß eine Stahlnadel, vorsichtig auf die Oberfläche von Wasser gelegt, schwimmen bleibt, und dabei, wenn sie zuvor magnetisch

gemacht war, eine konstante Richtung annimmt. Hierbei wirft nun Gilbert die Frage auf, warum die Nadel sich blofs richte und nicht auch zugleich nach Norden schiffe? Er weifs sich diese Frage nicht anders zu beantworten, als dafs er eine Richtkraft und eine Anziehungskraft der Erde unterscheidet und annimmt, die Richtkraft sei stärker als die Anziehungskraft. Dafs jeder Pol der Nadel von beiden Erdpolen angegriffen wird, dafs die anziehende wie die abstofsende Wirkung eines jeden Erdpols auf die beiden Nadel-Enden gleich stark ist wegen der verschwindenden Kleinheit der Nadel gegen die Entfernung der Erdpole, dafs somit beide Pole der Nadel von gleichen, aber entgegengesetzten Kräften getrieben werden, die wohl eine Drehung, aber keine Verschiebung bewirken können, das alles waren für Gilbert noch unbekannte Dinge.

125. Gilbert wufste, wie übrigens schon Porta und selbst Hartmann, dafs die Pole zweier Magnete, die nach gleicher Weltgegend zeigen, einander abstofsen, und die, welche nach entgegengesetzter Weltgegend zeigen, einander anziehen. Aus diesem Grunde nannte er denjenigen Pol der Magnetnadel, der nach Norden zeigt, den Südpol, und umgekehrt. Diese Nomenklatur ist ganz konsequent. Wenn man den im Norden der Erde befindlichen Pol einmal Nordpol nennen will, so mufs der von ihm angezogene Pol der Nadel Südpol heifsen; daher ist denn auch diese Nomenklatur bis in neuere Zeiten von mehreren französischen Physikern angenommen worden. In Deutschland dagegen hat sie nie Eingang gefunden, wir nennen den nach Norden zeigenden Pol der Magnetnadel ihren Nordpol.

Eine andere Eigenthümlichkeit der Gilbert'schen Nomenklatur ist, dafs er die Deklination oder Abweichung mit dem Namen Variation belegte, und dafs er Deklination nennt, was bei uns Inklination heifst. Durch den letzteren Umstand sind wohl spätere Schriftsteller verleitet worden, dem Norman die Entdeckung der Deklination in unserm Sinne zuzuschreiben, während er doch nur auf die der Inklination Anspruch machen kann. Die Neigung der

Magnetnadel gegen den Horizont wird jetzt durchgängig von allen Völkern Inklination genannt, dagegen ist es noch heut zu Tage bei den Engländern, namentlich den Seefahrern, ganz allgemein Sitte, die Abweichung von dem Meridian Variation zu nennen.

126. Recht unterrichtet war Gilbert hinsichtlich der Wirkung des Erdmagnetismus auf weiches Eisen.

Er wußte, daß jeder Eisenstab senkrecht gehalten zu einem Magnet wird, der seinen Nordpol (Gilbert's Südpol) am unteren Ende hat. Er giebt dies jedoch nicht für seine Erfindung aus, sondern sagt vielmehr, daß man die Thatsache zuerst in Mantua beobachtet habe an der Stange der Wetterfahne auf dem Thurm eines Augustinerklosters. Allein Gilbert hat das Verdienst, die Ursache dieser Erscheinung zuerst eingesehen, und durch einige recht sinnreiche Versuche erläutert zu haben. Er zeigte, daß ein über dem Südpol eines Magneten senkrecht gehaltener Eisenstab unten einen Nordpol und oben einen Südpol bekomme; ferner, daß ein Eisenstab, um von der Erde magnetisirt zu werden, nicht nothwendig senkrecht stehen müsse, daß er auch schief gehalten werden könne, ja, daß er in Richtung der Neigungsnadel noch stärker magnetisch werde als in senkrechter Richtung. Endlich beobachtete Gilbert auch, daß Eisenstäbe die magnetische Kraft schon dadurch annehmen, daß sie der Länge nach einige Zeit im magnetischen Meridian verbleiben.

Hiermit waren Gilbert's Kenntnisse über den Erdmagnetismus noch nicht erschöpft. Er wußte, daß Eisenstäbe durch Hämmern magnetisch werden, daß sie aber dabei im magnetischen Meridian liegen müssen; ferner daß der Magnetismus eines Stahlstabes durch Glühen zerstört wird, daß er aber wieder zum Vorschein kommt, wenn man den Stab im magnetischen Meridian erkalten läßt.

Aus diesem Allen erhellt, daß Gilbert die Wirkung der Erde auf weiches Eisen und Magnete sehr gut kannte, und daß es bei ihm nicht eine hingeworfene Idee, sondern eine aus den Versuchen mit Ueberlegung gezogene In-

duktion war, wenn er den Erdkörper für einen großen Magneten erklärte.

127. Ebenso hatte Gilbert von den künstlichen Magneten und deren Wirkungen Kenntnisse, welche für die Zeit recht genügend waren. So wußte er u. A., um nur einiges anzuführen:

daß die Wirkung der Magnete sich durch alle Körper hin erstrecke; durch einen langen Eisendraht weiter als durch die Luft;

daß ein Magnetpol beim Streichen über Stahl und Eisen immer den entgegengesetzten Pol hervorrufe. Dies wußte jedoch schon **Porta** und vor ihm **Hartmann**. Was indeß **Porta** vom Magneten in seiner *Magia naturalis* sagt, soll nach **Pater Cabeo** von dem Jesuiten **Leonardo Gazzoni** stammen, der 1592 in seiner Vaterstadt Venedig starb, und eine unedirte Schrift über den Magneten verfaßt hat¹⁾;

daß ein Magnetstab nach dem Zersägen lauter kleine Magnete von gleicher Richtung darstelle;

daß sich die Kraft eines natürlichen Magneten durch eine sogenannte Armatur oder Bewaffnung von weichem Eisen verstärken lasse;

daß ein Magnet an Eisen mehr trage als von irgend einer anderen Last. Er gab dafür auch den richtigen Grund an und legte damit dar, daß es dem Magneten nicht einerlei sei, ob er 100 Pfund Steine oder Eisen tragen soll.

Ferner hat sich **Gilbert** auch dadurch verdient gemacht, daß er bei vielen seiner Versuche die so zweckmäßige Aufhängung der Magnetnadel an einem feinen Faden anwandte, und mehrere Methoden angab, die magnetische Deklination mit einer für die Zeit recht schätzenswerthen Genauigkeit zu bestimmen.

Gilbert hat auch durch mancherlei Erörterungen und Versuche die Verschiedenheit des Magnetismus und der Elektrizität darzuthun gesucht. Er hat das Wort elek-

¹⁾ Tiraboschi, *Storia della lett. ital.* VIII, 367.

trisch in die Wissenschaft eingeführt, und auch das Gebiet der Elektrizitätslehre erheblich erweitert, wie bei dieser zur Sprache kommen wird.

Wie sehr Gilbert seine Zeit überragte, geht am besten aus den Werken derer hervor, die in den ersten Decennien nach ihm über den Magnetismus schrieben. Sie haben im Grunde gar nichts zur Erweiterung dieses Zweiges der Physik beigetragen, doch sind zwei Männer darunter, die neben den wunderlichen Hypothesen, welche sie sich über die Ursache der Magnete erdachten, auch einige Versuche anstellten, und diese will ich denn hier zum Schlusse dieses Abschnitts noch namhaft machen.

128. **Nicolo Cabeo** (Cabaesus), Jesuit, geb. 1585 in Ferrara und gest. 1650 in Genua. Seiner wurde bereits im vorigen § gedacht. Wir haben zwei Werke von ihm: *Philosophia magnetica, Ferrariae 1639*, und einen Kommentar zur Meteorologie des Aristoteles, Rom 1646.

In dem ersten Werk, dessentwegen er hier zu erwähnen ist, finden sich allerdings viele Versuche mit der Magnetenadel beschrieben, aber darunter ist keiner, der etwas erheblich neues lehrte; die guten sind lediglich Wiederholungen von denen Gilbert's, dessen Werk er kannte. In welchem Geist das zweite geschrieben ist, erhellt am besten aus der Theorie, die darin von der Ebbe und Fluth aufgestellt wird. Cabeo meint, diese entstünden aus spirituösen Substanzen, die durch eine besondere Kraft des Mondes auf dem Grunde des Meeres erregt würden. Da war denn doch des Furnerius Theorie noch einfacher, da er die Erscheinung für ein Geheimniß der Natur erklärte.

Der andere Pater **Athanasius Kircher**, unser Landsmann, war freilich auch kein Physiker ersten Ranges, aber er steht doch an Gelehrsamkeit und Geistesgewandtheit weit über Cabaesus. Er war geboren 1602 zu Geiß im Fulda'schen, trat 1618 in den Orden der Jesuiten und ward Professor der Mathematik, Philosophie und orientalischen Sprachen in Würzburg. Durch die Waffen der Schweden

hier gestört, begab er sich nach Avignon, wo er bei den reichen Jesuiten mehrere Jahre den Studien oblag. Eben wollte er nach Deutschland zurückkehren, als ihn der Papst nach Rom berief, wo er anfangs am Collegio romano Mathematik lehrte, später ohne Anstellung seinen wissenschaftlichen Arbeiten lebte und im J. 1680 starb.

Kircher war einer der gelehrtesten Männer seiner Zeit und seines Ordens, ein wahrer Polyhistor, denn er schrieb über Philosophie, Mathematik, Physik, Mechanik, Naturgeschichte, Philologie, Geschichte und noch manches andere, aber freilich mehr multa als multum, und sind seine Schriften, vornehmlich die physikalischen alle entsetzlich weitschweifig. Das Werk, welches mir Veranlassung giebt hier von Kircher zu reden, hat den Titel: *Magnes sive de arte magnetica etc. Colon. Agripp. 1634*; auf die übrigen werde ich später zurückkommen (§ 192).

Von dieser Ars magnetica gilt im Speciellen, was ich eben von den Werken Kircher's überhaupt sagte; es ist sehr weitschichtig und enthält des Guten sehr wenig. Hierzu möchte gehören:

ein Verfahren mittelst einer Wage die Stärke oder Tragkraft eines Magneten zu bestimmen;

die Beobachtung, daß auch glühendes Eisen noch vom Magneten angezogen wird;

die Beobachtung eines seiner Freunde, daß nach einem Ausbruch des Vesuvus eine große Veränderung in der Abweichung der Magnetnadel eingetreten sei.

Daneben findet sich auch eine große Zahl von Instrumenten und Spielereien beschrieben, welche auf Anwendung des Magneten beruhen. Darunter tritt auch die Idee hervor, seine Gedanken durch den Magneten einer meilenweit entfernten Person mitzuthellen, eine Idee, welche in die Ars magnetica aus Leurechon's *La récréation mathématique 1624* übergegangen ist¹⁾. Leurechon war Jesuit

¹⁾ Poggend. Ann. LXXXII, 335.

und Prof. im Kloster zu Bar-le-Duc, und starb 1670 zu Pont-à-Mousson (§ 113).

Wie es übrigens mit Kircher's wissenschaftlichen Kenntnissen vom Magneten beschaffen war, mag u. A. daraus erhellen, daß er als Verstärkungsmittel der Kraft eines Magneten empfiehlt, denselben zwischen getrocknete Blätter von *Isatis sylvatica* einzupacken. Darin wird er selbst von seinem Vorgänger Porta beschämt, denn dieser widerlegt schon die von Plutarch, Plinius und Andern überlieferten Märchen, daß der Magnet durch Bestreichen mit Knoblauchssaft oder durch die Gegenwart eines Diamanten seine Kraft verliere, und daß man sie ihm wiedergeben könne, wenn man ihn mit Bocksblut bestreiche, das überdies die Eigenschaft habe, den Diamanten mürbe zu machen.

In solchen Dingen muß man es indessen mit den Schriftstellern des XVI. und XVII. Jahrhunderts nicht so genau nehmen, wir werden weiterhin sehen, daß der hochberühmte und in schönen Erfindungen glückselige Pater Kircher, wie ihn einer seiner Zeitgenossen nennt, doch auch mitunter ganz gescheute Gedanken hatte. Nur ein Physiker im wahren Sinne des Wortes war er nicht, und namentlich darf er beim Magnetismus nicht Gilbert zur Seite gestellt werden, dessen Arbeiten immer den Charakter ernster Wissenschaftlichkeit an sich tragen.

Nachfolger Galilei's.

129. Galilei's Wirksamkeit in der Wissenschaft ist eine wahrhaft epochemachende gewesen. Nicht bloß, daß er durch Lehre und Beispiel, durch Achtung gebietende Persönlichkeit und hohe Stellung in der Welt, wie nicht minder durch seine merkwürdigen Lebensschicksale einen bis dahin unerhörten Einfluß auf die Zeitgenossen errang, übte er diesen auch durch die glänzenden und wichtigen Resultate seiner Forschung in nicht geringerem Grade auf die Folgezeit aus.

Wenn irgend etwas das Außerordentliche dieses Mannes augenfällig darzuthun vermag, so ist es eben die tiefe Furche, welche er in dem Entwicklungsgang der Wissenschaft gezogen hat. In der That ist bei Weitem die Mehrzahl der Arbeiten der Physiker in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts durch Galilei's Untersuchungen angeregt oder aus ihnen hervorgegangen. Sie bilden gleichsam den Mittelpunkt, von dem aus das Gebiet der Physik nach seinen verschiedenen Richtungen hin erforscht wurde, und wie sie vorzugsweise die mechanischen Probleme unserer Wissenschaft ins Auge gefaßt hatten, so war auch das Streben der nächst folgenden Decennien hauptsächlich auf die Lösung dieser Aufgaben gerichtet. Ja diese Richtung, die mit der Ausbildung der Mathematik Hand in Hand ging und ihr wesentlich zur Stütze gereichte, prädominirt in der Physik über ein volles Jahrhundert nach Galilei's Tode.

Es mag freilich darin eine gewisse Nothwendigkeit gelegen haben, indem diese Seite der Wissenschaft leichter ohne einen reichen Schatz von speciellen Thatsachen und experimentellen Hilfsmitteln, den Früchten einer vieljährigen Erfahrung, kultivirt werden kann, aber es ist doch nicht zu läugnen, daß Galilei hierzu den ersten erfolgreichen Anstoß gegeben hat, daß er zuerst eine Klasse von Untersuchungen eröffnete, die erledigt sein mußte, ehe die übrigen Zweige der Physik wissenschaftlich bearbeitet werden konnten.

Unter den Gegenständen, welchen Galilei seine Thätigkeit zugewandt hatte, waren es vorzugsweise zwei, durch welche die Zeitgenossen mächtig angeregt wurden: einerseits das kopernikanische Weltsystem, und andererseits die Gesetze des Falles und überhaupt der Bewegung der Körper.

130. Siebenzig Jahre waren seit Kopernikus Tod verflossen, und noch hatte die Kunde von dessen neuer Weltordnung nicht den engen Kreis der Astronomen überschritten. Selbst Keppler's wichtige Gesetze, so sehr sie

die kopernikanische Lehre bestätigten, waren nicht im Stande ihr eine ausgedehntere Anerkennung zu verschaffen. Da trat Galilei auf, nahm sie öffentlich in Schutz, und ward dafür von der Inquisition zum Widerruf verdammt.

Von nun an waren Aller Augen auf das kopernikanische System gerichtet, und statt es vernichtet zu haben, hatte der römische Stuhl den Verdrufs, dasselbe durch seine Verurtheilung erst recht ausgebreitet zu sehn. In zahllosen Schriften entspann sich ein Krieg, der über ein halbes Jahrhundert dauerte, und selbst dann noch von einzelnen Plänkeln fortgesetzt wurde, als Newton längst das Testament des frauenburger Domherrn mit seiner Gravitationstheorie untersiegelt hatte. Sollte man es glauben, daß noch im J. 1731 ein helmstädter Physikus, der später als Praefectus horti medici nach Petersburg ging, gegen Kopernikus zu schreiben wagte, und doch war dem so! Siegesbeck hieß dieser erleuchtete Mann, dessen Name sonst wohl nicht verewigt wäre ¹⁾).

An Zahl hatten die Gegner der kopernikanischen Lehre bedeutend die Oberhand, besonders in der ersten Zeit und in Italien, wo natürlich die Uebermacht der römischen Kirche jede Opposition verstummen machte, zumal die meisten Naturforscher daselbst geistlichen Standes waren. Dies erklärt, daß wir selbst Männer von nicht gewöhnlicher Begabung, wie Scheiner und Riccioli, in ihren Reihen streiten sehen; beide waren nämlich Jesuiten. Aber desto gewichtigere Stimmen erhoben sich für das neue System in Frankreich, England, Holland und Deutschland.

In Frankreich schwankte freilich anfangs die Sache, indem sich ein angesehener Astronom Morin gegen Kopernikus erklärte, und es durch seinen Einfluß beinahe dahin brachte, daß die Sorbonne, die erste wissenschaftliche Instanz des Landes, den Bannfluch des Papstes für Frankreich bestätigt hätte. Aber zwei höhere Autoritäten Des-

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 301.

cartes und *Gassendi* überwogen den Einfluß *Morin's*, und wenn auch *Gassendi* als Geistlicher sich nur zurückhaltend auszusprechen wagte, so trat dafür ein Dritter, der Abt *Boullian* durch seinen *Philolaus*, *Amst.* 1639 desto muthiger für *Kopernikus* und *Galilei* in die Schranken, die auch späterhin an einer Dame Dlle. *Dumée*, in deren *Entretiens sur l'opinion de Copernic touchant la mobilité de la terre*, *Paris* 1680 eine herzhaft Vertheidigerin fanden.

Ebenso ging es in England, Holland und Deutschland, und wenn auch hier der päpstliche Stuhl an manchem Geistlichen einen gewandten Advokaten fand, so hatte dies nur zur Folge, daß Männer von Ansehn sich der guten Sache desto mehr mit Wärme annahmen. So schrieb Dr. *Wilkins*, Bischof von *Chester*, seinen *Copernic defended* 1660 in 2 Bänden, *Lipstorp*, Hofmathematiker in *Weimar*, seinen *Copernicus redivivus* 1653, und *Lansberg jun.* seinen *Anti-Aristarchi vindex* 1632 in Erwiderung auf einen *Anti-Aristarchus* 1631 des Dr. *Fromondus*, Prof. an der Universität zu *Löwen*.

Selbst Ungelehrte mischten sich in diesen Kampf, und beschränkten durch ihre Urtheile manchen Hochstudirten. So der holländische Schuster *Rembrandsz* aus *Nieuw-Nierop* am *Zuydersee*, der sich in seiner *Nederduytsche Astronomia*, *Harlingen* 1653 als ein entschiedener Anhänger von *Kopernikus* erwies, und auf den ein gelehrter Anti-Kopernikaner sehr mit Unrecht das bekannte: *Ne sutor supra crepidam*, anzuwenden versuchte¹⁾. Gewiß hatte dieser Mann mehr natürlichen Verstand als der Dr. *Zimmermann*, Prof. d. Math. zu *Heidelberg*, der die streitenden Partheien dadurch versöhnen wollte, daß er in seiner *Scriptura sacra copernizans*, *Francof.* 1690 zu beweisen suchte, daß die Bibel nicht gegen die Bewegung der Erde spräche.

Nach und nach legte sich die Hitze des Kampfes und in dem Maße mehr, als durch *Huyghens*, *Newton* und anderer Koryphäen Arbeiten die Wahrheit der kopernika-

¹⁾ *Montucla*, *Hist. des math.* II, 341.

nischen Lehre immer klarer und folgenreicher hervortrat. Zur Ehre dieser Männer, so wie überhaupt der beiden gelehrten Körperschaften in Paris und London, die lange Zeit die höchste Autorität in der Wissenschaft ausübten, muß auch gesagt werden, daß sie nie anders an dem vieljährigen Streite Theil nahmen, als mit den Waffen des Experiments und der Analysis.

131. Nicht minder lebhaft waren die Diskussionen über die Fallgesetze Galilei's, worin die Gelehrten sich schon freier bewegen konnten, da die Kirche darin keine Gefahr für den Glauben erblickte. Auch auf diesem Felde hatte Galilei mehrere nicht talentlose Gegner, die indess der Sache durch ihren Widerspruch nicht schaden, vielmehr grade verstärkten Anlaß gaben, daß die Richtigkeit der von dem großen Florentiner entdeckten Gesetze über allen Zweifel festgestellt wurde. Einer der ersten unter diesen ist:

Giambattista Baliani, ein genuesischer Patricier und Senator, der 1666 im 84. Lebensjahre starb ¹⁾, ein Mann von Fähigkeiten und mathematischer Bildung, der aber von der Sucht geplagt ward, es dem Galilei gleich thun zu wollen. Kaum daß Galilei irgend eine Entdeckung bekannt machte, so trat auch Baliani auf, um sie als sein Eigenthum in Anspruch zu nehmen.

So geschah es denn auch, daß er 1638 mit einem Werk: *De motu naturali fluidorum et solidorum*, Genuae hervortrat, worin er sich fast alle Entdeckungen Galilei's im Gebiet der Bewegungslehre zuschrieb. Natürlich waren diese Ansprüche unbegründet. Baliani will selbst Fallversuche angestellt haben, aber seiner eigenen Aussage gemäß, machte er sie erst 1611 zu Savona, während die galileischen schon vor 1600 vollendet wurden. Noch auffallender ist es, daß er einige Jahre darauf 1646 in einer zweiten Auflage seines Werks alles wieder zurücknahm, seine und Galilei's Ansichten für gänzlich falsch erklärte,

¹⁾ Tiraboschi, Storia etc. VIII, 300.

und in Bezug auf den freien Fall der Körper ein anderes seiner Meinung nach allein richtiges Gesetz aufstellte.

Nach diesem Gesetz sollen die Körper in gleich großen auf einander folgenden Zeiten Räume zurücklegen, die sich verhalten wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5... während diese Räume nach Galilei im Verhältniß 1, 3, 5, 7, 9... d. h. der ungraden Zahlen stehen. Daß Baliani's Gesetz nicht das wahre ist und sein kann, bedarf wohl keiner Versicherung; dennoch fand dies Gesetz unter den Scholastikern Beifall, vielleicht aus Opposition gegen Galilei, während andere z. B. Riccati insofern Baliani in Schutz nehmen wollten, als sie behaupteten, er habe ein solches Gesetz nicht aufgestellt.¹⁾

132. Wichtiger für die Geschichte dieses Theils der Physik sind die Untersuchungen von Riccioli und Grimaldi, zweier Jesuiten, die ihre experimentellen Arbeiten meistens in Gemeinschaft ausführten.

Giovanni Battista Riccioli, der ältere von beiden, geb. zu Ferrara 1598, war Lehrer der Philosophie und Theologie in Parma und der Astronomie in Bologna, wo er auch 1671 starb. Er ist Verfasser verschiedener Werke, namentlich eines, das ihm großen Ruf verschafft hat, nämlich sein *Almagestum novum, Bononiae 1651*, sogenannt in Anspielung auf des Ptolemaeus Μεγάλη Συνταξις, welche in der 827 verfaßten arabischen Uebersetzung den Titel *Almagest* führte, und 1230 auf Kaiser Friedrichs II. Betrieb ins Lateinische übersetzt wurde.

Es ist das *Almagestum novum* ein Werk von großem Umfang, erstaunlichem Fleiß und ungeheurer Gelehrsamkeit, worin sich u. A. die Meinungen aller Astronomen, von den ältesten Zeiten bis zur Mitte des XVII. Jahrhunderts auseinander gesetzt finden. Darin ist auch die Beschreibung der Fallversuche enthalten, die er gemeinschaftlich mit Grimaldi in den Jahren 1640 bis 1650 anstellte, und von denen ich sogleich mehr sagen werde; auch finden

¹⁾ Tiraboschi, Storia etc. VIII, 301; Montucla, Hist. etc. II, 195.

sich verschiedene andere Beobachtungen in dem Werk, freilich nicht von großem Belang; eine Bestimmung der Höhe der Atmosphäre aus der Länge der Dämmerung nach der Methode von Alhazen mit Rücksicht auf die Brechung der Lichtstrahlen, wonach sich ihm die Höhe der Atmosphäre zu 30 Miglien ergab; ferner eine Luftwägung nicht besser als die von Aristoteles, denn er wog eine Ochsenblase ausgedrückt und aufgeblasen, und fand sie in letzterem Falle um 2 Gran schwerer, woraus er das Resultat ableitete, die Luft sei 1000 mal leichter als Wasser. Eigentlich mußte die Blase in beiden Fällen gleich schwer sein; denn wenn sie auch aufgeblasen von der äußeren Luft mehr verdrängte als zusammengepreßt, und dadurch um das Gewicht der verdrängten Luft leichter hätte sein müssen, so ist doch grade so viel Luft hineingeblasen als verdrängt, und folglich das Gewicht nicht geändert. Daß Riccioli die aufgeblasene schwerer fand, rührt ohne Zweifel daher, daß er beim Einblasen und Zubinden die innere Luft zusammendrückte.¹⁾

Riccioli ist auch bekannt durch eine mit Grimaldi in der Gegend von Modena angestellte Gradmessung, die aber ein bedeutend von der Wahrheit abweichendes Resultat lieferte, nämlich 62250 Toisen für den Grad, sie ist beschrieben in *Geographia et Hydrographia reformatæ, Bonon. 1661.*

Francesco Maria Grimaldi, geb. 1618 in Bologna und gest. 1663 ebendasselbst, ein sehr ausgezeichnete Kopf. Er hat die Optik mit zwei höchst wichtigen Thatfachen bereichert, von denen ich künftig noch näher reden werde, nämlich mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung, und mit der Inflexion oder Beugung des Lichts in der *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride aliisque adnexis libri duo, Bononiae 1665.*

Grimaldi war auch ein fleißiger Beobachter des Mondes, von welchem er eine Karte verfertigte, die von Riccioli in seinem *Almagestum novum* republicirt ist, und bei der

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 423.

er die Sitte einführte, Mondflecke mit den Namen berühmter Männer zu belegen. Vor ihm hatte der berühmte danziger Astronom Joh. Hevel die Mondflecke in seiner *Selenographia* von 1647 nach Meeren und Gebirgen der Erde benannt. Grimaldi's Methode hat besonders in neuerer Zeit den Vorzug bekommen, es scheint aber, als habe Grimaldi in diesem kleinen Verdienst einen Vorgänger gehabt, denn ein gewisser Langrenus, der sich Kosmograph Sr. apostol. Majestät nennt, hat 1645 zu Brüssel eine *Selenographia seu lumina austriaco-philippica* herausgegeben, worin u. A. die Princess Elisabeth, Tochter des Kurfürsten Friedrich, Königs von Böhmen, auf diese Weise verewigt ward. Derselbe Langren hatte auch die Idee, den Anfang und das Ende der Beleuchtung von Mondflecken zur Bestimmung der geograph. Länge auf der Erde zu benutzen.

Uebrigens entwarf Hevel seine Mondkarte schon 1643, und sie ist nicht nur älter, sondern auch besser als die von Grimaldi. Die erste freilich sehr unvollkommene Karte vom Mond verdankt man Galilei.

133. Was nun die Fallversuche von Riccioli betrifft, so wurden dieselben zu verschiedenen Zeiten angestellt. Bei den ersten suchte er die Geschwindigkeiten fallender Körper aus deren Wirkungen zu bestimmen, indem er Kugeln aus verschiedener Höhe auf eine Wage fallen liefs, und die Gewichte bemerkte, die sie zu heben vermochten. Er fand auf diese Weise die Fallräume 1, 3, 9, 27 statt 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. Später, als er die verbotenen Gespräche Galilei's auf Grund specieller Erlaubniß gelesen hatte, änderte er sein Verfahren, und liefs unterstützt von Grimaldi im J. 1640 am Thurm degli Asinelli in Bologna Kugeln von Thon und Kreide, acht Unzen schwer, aus verschiedenen Höhen herabfallen, zuletzt aus einer Höhe von 280 röm. Fufs, und mafs dabei die Fallzeiten mittelst eines Pendels.

Sei es nun aus Vorliebe für Galilei oder aus irgend einem anderen Umstande, genug er fand genau, was er zu finden wünschte, dafs:

$$s : s' = t^2 : t'^2$$

was offenbar unrichtig ist, da die Thonkugeln wegen ihres geringen specif. Gewichts einen nicht unbeträchtlichen Widerstand erfahren, und folglich langsamer fallen mußten, als nach jenem Gesetz. Dies ist natürlich keine Widerlegung der galileischen Gesetze, die vom Widerstand der Luft abstrahiren, einem Widerstand, der nicht bloß vom specif. Gewicht abhängig ist, sondern auch von der Gestalt, ja selbst, wenn die Körper nicht kugelförmig sind, von der Lage beim Fallen.

Später im J. 1645 sah Riccioli seinen Irrthum ein, und stellte sogar eine Reihe für ihre Zeit ganz schätzbarer Versuche zur Ermittlung des Luftwiderstandes an. Er ließ Kugeln von Blei, Holz, Thon, Wachs, auch solide und hohle Thonkugeln aus einer Höhe von 280 Fuß herunter fallen und beobachtete dabei, daß die specifisch schwereren allemal früher anlangten, als die specifisch leichteren. Er fand auch, daß der Widerstand des Mediums, worin das Fallen geschieht, mit der Dichtigkeit dieses Mediums wächst, daß z. B. ein in Wasser fallender Körper nach einiger Zeit eine gleichförmige Bewegung annimmt. Uebrigens will der als Widersacher Galilei's und hartnäckiger Anhänger der peripatetischen Lehre so bekannte Chiaramonti, Prof. in Pisa, schon vor ihm durch Versuche gefunden haben, daß die Beschleunigung des Falles mit der Zeit abnimmt, ohne jedoch dabei an den Luftwiderstand zu denken.¹⁾

Pater Ariaga stellte dergleichen Versuche ganz civiliter an, indem er einen Stein, eine Brodrinde und eine Feder zugleich vom Tisch fallen ließ. Er fand, daß alle drei zugleich unten ankamen und wunderte sich nun, daß die Philosophen, statt diesen leichten Versuch zu machen, immer einer dem andern nachschrieben: die Geschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich wie ihre Gewichte.²⁾

Riccioli stimmte also in Betreff der Fallgesetze ganz mit Galilei überein, aber darum war er noch nicht dem

¹⁾ Benzenberg, Versuche üb. d. Gesetze des Falles 1804, S. 87, 102.

²⁾ Ibid. 78.

kopernikanischen System zugethan, im Gegentheil war er nicht nur kein Anhänger, sondern ein eifriger Widersacher desselben. In seinem *Almagestum novum* bringt er nicht weniger als 77 Gründe gegen das kopernikanische System zum Vorschein, von denen freilich die meisten auf den bekannten tychonischen Einwurf hinsichtlich der Richtung eines fallenden Körpers zurückkommen.

Nur einer darunter ist lehrreich genug, um hier angeführt werden zu können. Von der Richtigkeit der galileischen Fallgesetze überzeugt, glaubte er grade aus diesen einen entscheidenden Beweis gegen das kopernikanische System herleiten zu können, indem, wenn auf der ruhenden Erde das Gesetz $s : s' = t^2 : t'^2$ stattfindet, dies nicht mehr auf der sich drehenden geschehen könne. Seine Vorstellung war dabei folgende: Man denke sich von einem hohen Punkte a einen Körper herabfallend und nehme an, er fiele in dem ersten Zeittheil bis b , im zweiten bis c , im dritten bis d u. s. w., so werden sich auf der ruhenden Erde die Räume

$ab : bc : cd$ u. s. w. verhalten wie $1 : 3 : 5 \dots$

Wenn sich nun die Erde dreht, und in Folge dessen der Punkt

b während der Zeit 1 einen Bogen $b\beta$

c - - - 2 - - $c\gamma$

d - - - 3 - - $d\delta$

beschreibt, so wird die Bahn des fallenden Körpers in den einander folgenden Zeiten sein: $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$ u. s. w., und diese können nicht in dem Verhältniß wie $ab : bc : cd$ oder $1 : 3 : 5$ stehen. Darum, schloß Riccioli, könne die Erde nicht rotiren, sondern müsse ruhen.

Dieser Schluß ist offenbar falsch. Schon Galilei bemerkte in seinen Gesprächen, daß man durch dergleichen Versuche nicht über die Bewegung der Erde entscheiden könne, da der Erfolg derselbe sei, die Erde möge ruhen oder sich bewegen. Dies ist nun zwar nicht strenge richtig, aber die Einwirkung der Centrifugalkraft der Erde auf den Fall der Körper ist ganz anderer Art und viel unbedeutender, als Riccioli sie sich dachte.

Seine Schlüsse wurden auch schon von den Zeitgenossen bekämpft, einerseits durch *Cassendi*, wovon so gleich mehr, andererseits durch *Stephan de Angelis* aus Venedig, Prof. der Mathematik zu Padua, welcher 1697 starb. Derselbe machte 1667 darauf aufmerksam, daß der Stofs eines fallenden Körpers nicht bloß von der Geschwindigkeit abhängt, sondern auch von dem Winkel, unter welchem der Körper aufschlage. Zu dieser Behauptung war *Angelis* veranlaßt worden durch die Hypothese von *Riccioli*, daß bei einer rotirenden Erde dieser Stofs immer derselbe sein müsse, von welcher Höhe auch der Körper herabfalle; da dieser Stofs nicht gleich ist, so drehe sich auch die Erde nicht. Allein *Angelis* machte geltend, daß jener Winkel mit der Zeit des Falles sich stetig ändere, und daher selbst in dieser Hypothese der Stofs nicht gleich sein könne.

134. Während dieser Verhandlungen in Italien waren die Galilei'schen Fallgesetze auch in Frankreich Gegenstand mannichfacher Diskussionen und Experimente. Ich will darunter zunächst diejenigen von *Deschales* erwähnen, da sie sich am meisten denen von *Riccioli* anschließen.

Claude François Milliet Deschales geboren 1621 zu Chambéry, gest. 1678 zu Turin, war Jesuit, Professor der Hydrographie zu Marseille, dann Professor der Mathematik zu Lyon, zuletzt Rektor des Kollegiums zu Chambéry; ein Mann von guter mathematischer Bildung und richtigem Urtheil, wahrscheinlich auch nicht aus Ueberzeugung Gegner des kopernikanischen Systems, vielmehr ein indirekter Beförderer desselben, indem er zeigte, daß mindestens die von *Morin*, *Riccioli* und Anderen gegen dasselbe vorgebrachten Einwürfe unbegründet waren.

Wir besitzen mehrere Werke von ihm, die sich alle durch Klarheit des Vortrags auszeichnen. Unter diesen nimmt sein *Course seu mundus mathematicus*, Lugd. 1674 eine der ersten Stellen ein; es ist eine Art mathematischer Physik, in der sich bei sorgfältiger Durchsicht vielleicht noch manches Bemerkenswerthe würde auffinden lassen. Es enthält

unter Anderm eine Widerlegung des zu seiner Zeit so berühmten *Cartesius'schen* Systems, von welchem späterhin noch die Rede sein wird. Dann findet sich darin auch eine Beobachtung, welche *Deschales* Anspruch giebt auf die Entdeckung der Inflexionsfarben, die aber schon von *Grimaldi* gefunden waren.

Deschales bemerkte nämlich, als er in einer dunklen Kammer Sonnenlicht von einer mit feinen Ritzten versehenen Metallplatte reflektiren ließ, daß dieses reflektirte Licht Farben zeigte, wenn er es mit einer weißen Tafel auffing. Er schloß daraus, daß nicht alle Farben durch Brechung erzeugt würden, vermöchte aber doch das Phänomen nicht zu erklären, und leitete es von der verschiedenen Stärke der Lichtstrahlen ab.

In demselben Werk beschreibt *Deschales* auch die Fallversuche, derentwegen ich ihn vorzugsweise nannte. Er machte diese Versuche 1670 im Jesuitenkollegium zu Lyon in einem 123 Fufs tiefen Brunnen. Er ließ Steine hineinfallen, und maß durch ein Pendel die Zeit des Falls mit Rücksicht auf die Zeit, welche der Schall gebrauchte, um nach oben zurückzukehren. Zum Staunen der Ordensbrüder konnte er daraus die Tiefe des Brunnens berechnen, da er zuvor für geringere Höhen die Fallgeschwindigkeit gemessen hatte. Die Versuche stimmten übrigens nur annähernd mit *Galilei's* Gesetzen, aber *Deschales* schloß scharfsichtig genug darum nicht auf die Unrichtigkeit dieser Gesetze, sondern schob die Abweichung auf Rechnung des Widerstandes der Luft.

135. Noch mehr zur Verbreitung der Lehren *Galilei's* trug *Gassendi* bei, dessen ich schon einige Mal gedachte. *Gassendi* ist ein Mann, der in der Geschichte der Physik eine bedeutende Rolle spielt, weniger grade durch Entdeckung neuer Thatsachen und Aufstellung fruchtbarer Theorien, wiewohl er auch in dieser Beziehung nicht ohne Verdienst ist, als vielmehr durch den großen Einfluß, den er durch seine philosophischen und physikalischen Schriften auf die Zeitgenossen ausübte. Es gab eine Zeit, wo sich

das ganze gelehrte Frankreich zwischen ihm und seinem Nebenbuhler *Descartes* theilte, wo man entweder Gassendist oder Cartesianer sein mußte, wenn man etwas gelten wollte.

Pierre Gassendi ward geboren 1592 zu Champtercier unweit Digne, und starb 1655 zu Paris als ein Opfer des Unverstandes seiner Aerzte, die ihm kurz nacheinander neun und dann noch vier Aderlässe verordnet hatten. Eigentlich hieß er Gassend, denn Gassendi, wie er meistens genannt wird, ist nur aus dem latinisirten Gassendus entstanden. Er zeigte schon früh ungewöhnliche Geistesgaben, wovon unter Anderem die Thatsache einen Beleg abgeben mag, daß er 6000 lateinische Verse auswendig wußte, von denen er täglich 300 herzusagen pflegte, um sein Gedächtniß zu stärken.

Er widmete sich dem geistlichen Stande, und brachte es darin bis zu einem Kanoniker und einer Präpositur. Nur auf vieles Zureden des bekannten Kardinals Richelieu konnte er 1645 dahin vermocht werden, sein geistliches Amt mit einem weltlichen zu vertauschen, nämlich mit der Professur der Mathematik an der Universität Paris, wie er selbst sagt erst dann, nachdem jener ihm vorgestellt, es gebe eine doppelte heilige Schrift, durch welche Gott sich dem Menschen offenbare, Bibel und Natur.¹⁾

Seine Schriften, die nach seinem Tode als *Opera omnia*, Lugd. 1658 in 6 Folianten erschienen, sind ein lebendiges Zeugniß seiner vielseitigen Gelehrsamkeit. Sie verbreiten sich über Philosophie, Literargeschichte, Archäologie, Astronomie, Mathematik und Physik; sie enthalten auch eine Reihe für die Geschichte sehr schätzbarer Biographien von Mathematikern, Astronomen und Physikern, sowie einen ausgedehnten Briefwechsel mit den berühmtesten Männern seiner Zeit z. B. mit *Galilei*, *Kepler*, *Hewel*.

Was seine Leistungen in der Physik betrifft, so neigte er mehr zur spekulirenden als experimentirenden Richtung. Er war ein Gegner des *Aristoteles* sowie seines Zeitgenossen

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. IV, 484.

Descartes, dagegen ein Anhänger des Demokrit und Epikur. Von letzterem entlehnte er die Lehre von den Atomen, die er jedoch in manchen Stücken modificirte; er nahm Atome und Moleküle an, und ließ sogar die vier Elemente aus Atomen bestehen. Er erklärte die Wirkungen des Lichts durch Atome, die vom leuchtenden Körper aus mit großer Schnelligkeit in geraden Linien nach allen Richtungen fortfliegen und dadurch verursachen, daß die Lichtstärke umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung sich verhält. In seinem Enthusiasmus für diese Lehre ging er sogar so weit, eigene Atome anzunehmen für die Wärme, für die Kälte, ja für Geruch, Geschmack und Gehör.

Die Gehör-Atome hinderten ihn jedoch nicht sich ganz richtige Vorstellungen von der Fortpflanzungsweise des Schalles, und von der Ursache der Tonhöhe zu bilden. Er ließ nämlich die Töne durch Luftwellen in unser Ohr gelangen, und die Tonhöhe leitete er ganz richtig von der Zahl der Impulse in einer gegebenen Zeit ab, oder von der Länge der Schallwellen. Ganz anders dachte sich Aristoteles die Sache. Er sah die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Töne als Ursache ihrer Höhe an, und glaubte, daß sich tiefe Töne langsamer als hohe durch die Luft fortpflanzen. Das Irrige dieser Behauptung bewies Gassendi durch einen entscheidenden Versuch. Er ließ eine Kanone und eine Flinte in einer etwas bedeutenden Entfernung abfeuern, und maß die Zeit zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Schalles. Da das Licht jede auf der Erde mögliche Entfernung in einer unmeßbaren Zeit zurücklegt, so giebt die Zeit zwischen Blitz und Knall verglichen mit der Entfernung die Geschwindigkeit des Schalles. Er gab auf diese Weise die erste numerische Bestimmung dafür, nämlich 1473 Fuß in der Sekunde, freilich viel zu hoch, da sie nach Moll und van Beek nur 332,25 Meter = 1022,8 par. Fuß bei 0° ist. Zugleich erhielt Gassendi hierdurch auch den Beweis, daß die Geschwindigkeit gleich sei für den Knall der Kanone und den der Flinte, also für hohe und tiefe Töne.

Auch in der Astronomie hat sich **Gassendi** einen Namen gemacht. Er war einer der Glücklichen, die am 7. Nov. 1631 den Merkur vor der Sonne vorübergehen sahen, ein Phänomen, welches **Keppler** voraus berechnet hatte, und wodurch gleichsam der erste handgreifliche Beweis von der Richtigkeit des kopernikanischen Systems geliefert wurde. Doch war es **Gassendi** nicht allein, der diese Beobachtung machte, es sahen auch der Pater **Cysatus** in Inspruck, **Quietanus**, des Kaisers **Matthias** Mathematiker im Elsaß und ein Anonymus in Ingolstadt, diesen Vorübergang des Merkurs vor der Sonne. — Acht Jahre später am 4. Dec. 1639 wurde der erste Vorübergang der Venus vor der Sonne beobachtet von einem jungen englischen Astronomen **Horrox** (gest. 1641), und gemeinsam mit seinem Freunde **Crabtree**. Sie waren die einzigen Sterblichen, welche dieses Phänomen beobachteten, und blieben es bis zum J. 1761, wo sich dasselbe wiederholte.

Joh. Baptist Cysatus, geb. 1588 zu Luzern und gest. ebenda 1657, war ein um die Himmelskunde wohl verdienter Mann; außer der so eben erwähnten wichtigen Beobachtung gab er die erste Nachricht vom Orion-Nebel, entdeckte zwei Monde des Saturn, und lieferte die ersten teleskopischen Beobachtungen an einem Kometen in *Mathematica astronomica de loco, motu etc. Cometae, qui 1618 et 1619 in coelo fulsit*, Ingolstadt 1619.

136. Am bekanntesten und gewissermaßen berühmtesten ist **Gassendi** durch den Streit mit seinem Kollegen **Morin** geworden.

Jean Baptiste Morin, geb. 1583 zu Francheville in Beaujolois, und gest. 1656 zu Paris als Prof. der Mathematik und Astronomie an der dortigen Universität, zuvor Arzt, hatte, obwohl ein Mann von Kenntniß und Verdienst, das Mißgeschick sich nicht von der Richtigkeit des kopernikanischen Systems überzeugen zu können, und glaubte daher als Gegner desselben auftreten zu müssen. Seinem Einfluß ist es vielleicht zuzuschreiben, daß die Sorbonne, damals die höchste wissenschaftliche Autorität in Frank-

reich, auf ein Haar daran war, dem Bannfluch des Papstes über dies System auch für Frankreich durch den Kardinal Richelieu Gültigkeit zu verschaffen. Morin griff 1631 das kopernikanische System mit äußerster Heftigkeit an, und wie sich versteht mit lauter unhaltbaren Gründen. Dies gab Gassendi Veranlassung als Vertheidiger dieses Systems aufzutreten und das Werk zu schreiben: *De motu impresso a motore translato, Parisiis 1649.*

Unter mehreren Einwürfen der Anti-Kopernikaner befindet sich auch der schon von Tycho aufgeworfene, daß ein Stein, den man von der Westseite eines Thurmes herabfallen lasse, sich vom Thurme entfernen müsse, weil der Thurm während des Fallens nach Osten fortrücke. Um diesen Einwurf zu widerlegen, stellte Gassendi folgenden Versuch an. Im Hafen von Marseille auf einer Ruder-Galeere, die 4 Miglien in einer Stunde zurücklegte, ließ er von der Hinterseite des Mastes Steine herabfallen und merkte sich die Stellen, wo sie auf dem Verdeck niederschlugen. Da fand er denn, daß die Steine trotz der Bewegung des Schiffes und des Mastbaumes parallel an diesem herabgefallen waren.

Er erklärte dieses Resultat ganz richtig, ebenso wie auch das analoge Phänomen, daß Gegenstände, welche ein Reitender oder Fahrender senkrecht in die Höhe wirft, diesem wieder in die Hand zurückfallen. Er sagte nämlich ganz richtig, die Bewegung des Schiffes, des Reitenden oder Fahrenden kann keinen Einfluß auf den fallenden oder senkrecht in die Höhe geworfenen Körper haben, weil dieselbe auch dem Körper mitgetheilt wird.

Gassendi sah durch diesen Versuch die Bewegung der Erde für gerechtfertigt an, und hat gewiß durch seine Schlusfolgen manche Skrupel der Zweifler an dem kopernikanischen System beseitigt, deshalb glaubte ich ihn gerade hier nennen zu müssen. Ich muß indess bemerken, daß Gassendi ungeachtet seiner Ueberzeugung doch nur ein schüchterner Vertheidiger der kopernikanischen Lehre war. In seiner dem Kardinal Richelieu gewidmeten *Institutio*

astronomica, Paris 1645, erklärte er den Lauf der Planeten nach allen drei Systemen, dem ptolemaeischen, tycho-nischen und kopernikanischen, sagt dann zwar, das letztere habe die meisten Vernunftgründe für sich, überläßt aber doch die Entscheidung dem Kollegium der Kardinäle in Rom.

Die Streitigkeiten mit Morin waren übrigens durch genannte Widerlegung, obwohl Gassendi ihn nicht einmal dabei genannt hatte, keineswegs beendet; Morin antwortete noch heftiger als zuvor, Gassendi erwiderte, und so spann sich dieser Kampf bis zu des Letzteren Tode fort. Morin ging sogar in seinem Haß so weit, daß er Gassendi im J. 1650 den Tod prophezeite. Er war aber als Astrolog nicht glücklicher als er es als Astronom war, denn Gassendi lebte nach dieser Prophezeiung noch fünf Jahre.

Endlich hat sich auch Gassendi hinsichtlich der Anerkennung der Galilei'schen Fallgesetze einiges Verdienst erworben. Er vertheidigte diese Gesetze gegen die Angriffe, welche der Pater Casr e (Casraeus) ein Jesuit 1644 auf dieselben gemacht hatte, und zeigte, daß die von diesem angestellten Versuche ebenso nichtssagend als seine Schlüsse widersinnig seien. Casr e ließ nämlich, wie anfangs Riccioli Gewichte von verschiedenen Höhen auf eine Wagschale fallen, um durch Gegengewichte deren Wirkung zu messen, und schloß daraus, daß sich die Geschwindigkeiten wie die Fallhöhen verhalten $v : v' = s : s'$, (vergl. § 97), woraus für $s = 0$ sich $t = \infty$ ergibt ¹⁾.

137. Indem ich so eben die wichtigsten Momente aus Gassendi's Leistungen mitgetheilt habe, möchte es wohl der schicklichste Ort sein auch seines Landsmannes und Zeitgenossen Descartes zu erwähnen, da dessen Thätigkeit mannichfach in die Verhandlungen und Aufgaben der damaligen Physik eingreift, obgleich bei weitem nicht so

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 197; Kästner, Geschichte d. Math. IV, 28.

nachhaltig und fruchtbringend als die von Galilei, dem man ihn ganz ungegründeter Weise wohl hat an die Seite stellen wollen.

René du Perron Descartes, latinisirt *Renatus Cartesius*, war geb. am 31. Mai 1596 zu La Haye in Touraine, und starb den 11. Februar 1650 zu Stockholm. Seine Erziehung erhielt er in der Jesuitenschule zu La Flèche, welche er 1612 verließ, und sich in Rheims für den Soldatenstand auszubilden suchte; er ging aber bald darauf nach Paris, wo er anfangs ganz den Vergnügungen, späterhin jedoch mit großem Ernst den Studien lebte. Der letzteren satt nahm er seit 1617 nacheinander Dienste in der holländischen, bairischen und österreichischen Armee, und machte in diesen viele kriegerische Unternehmungen mit. Im J. 1622 erfüllte ihn indess die Aufhebung der Belagerung von Neuhäusel in Ungarn, bei welcher sein Oberbefehlshaber Graf Bucquoy getödtet wurde, so mit Widerwillen gegen die militärische Laufbahn, daß er seinen Abschied nahm, und mehrere Jahre auf Reisen durch fast alle Länder Europas zubrachte.

In den Jahren 1627 und 1628 beschäftigte er sich in Paris mit Schleifen von Linsen und Spiegeln, ergriff dann noch einmal das Schwert um an der berühmten Belagerung von La Rochelle Theil zu nehmen, ging aber dann des unsteten Lebens müde 1629 nach Holland, wo er sich zu Egmond einem hübschen Dorfe bei Franeker niederließ. Hier lebte er 20 Jahre als Privatmann, lehnte selbst sehr verlockende Aufforderungen nach Paris zu kommen ab, folgte aber einem Rufe der Königin Christine von Schweden, die den Umgang mit geistreichen Männern liebte, und ihm ein ansehnliches Jahresgehalt aussetzte. Descartes kam im Oktober 1649 in Stockholm an, allein schon kränkelnd auf der Reise dahin, starb er im Februar des folgenden Jahres. Sein Leichnam wurde 1666 nach Paris geschafft, und mit großem Pomp in der Kirche St. Geneviève beigesetzt, sein Kopf blieb aber aus unbekannten Gründen in Stockholm,

und wurde durch **Berzelius** vor einigen Decennien an die Pariser Akademie nachgesandt.¹⁾

Descartes war ein Mann von ausgezeichneten Gaben, großer Beweglichkeit des Geistes und voll brennenden Ehrgeizes in der Wissenschaft zu glänzen, dabei auch von sehr reizbarem Gemüth und etwas zweifelhaftem Charakter, Eigenschaften, die ihn in mannichfache Streitigkeiten mit seinen Zeitgenossen verwickelten. Sein Hang zur Unabhängigkeit wurde durch ein bedeutendes Vermögen unterstützt.

¹⁾ **Arkenholtz** in seinen *Mémoires concernant Christine reine de Suède, Amsterdam 1751 T. I, p. 228* sagt bei der Ueberführung der Gebeine des **Descartes** nach Paris: *A cette occasion on ne saurait passer sous silence un fait, qui ne sera connu que de peu de personnes, que Mr. Hof, Professeur au Collège de Skara en Westro-Gothie vient de publier. C'est que l'officier des Gardes de la ville de Stockholm, qui eut la commission de faire lever le cercueil de Descartes de l'endroit, où il était enterré et de le transporter en France, ayant trouvé moyen d'ouvrir la bière, il en ota le crâne du défunt Descartes, qu'il garda le reste de ses jours fort soigneusement comme une des plus belles reliques de ce grand philosophe. Après la mort de l'officier ses créanciers ne trouvèrent guères d'autre chose que ce crâne, qui a passé depuis en d'autres mains.*

Hiermit steht nun in vollem Widerspruch, was **Baillet** in seinem Werk *La vie de Monsieur Descartes, Paris 1619, T. II, p. 436* über die Beförderung dieser Reste von Stockholm nach Paris im J. 1666 nach handschriftlichen Quellen berichtet. Danach fand der ganze Vorgang unter genauer Aufsicht des französischen Gesandten **Mr. de Ferlon** statt, und dann heisst es: *Mr. de Ferlon avait fait faire un cercueil de cuivre long de deux pieds et demi, seulement parcequ'il se doutait, que le crâne et les os du défunt seraient detachés et qu'on pourrait les ranger les uns sur les autres sans indécence. L'on renferma les os cruchés sur les cendres dans ce nouveau cercueil avec de nouvelles cérémonies et quelques prières: mais l'on ne put refuser à Mr. le chevalier de Ferlon un des ossements de la main, qui avait servit d'instrument aux écrits immortels du défunt, et qu'il avait religieusement demandé à l'assemblée, qui composait presque toute l'église oatholique de Suède, en témoignage du zèle, qu'il avait pour conserver la mémoire de Mr. Descartes.*

Hiernach wird es sehr wahrscheinlich, daß aus dem Gesuch des Herrn v. **Ferlon** im Lauf der Zeit die Erzählung von **Arkenholz** und Anderen entstanden ist, und daß der neuerdings nach Paris gebrachte Schädel nicht von **Descartes** herrührt.

D. H.

Es ist zu bewundern, wie er bei seinem unsteten Leben Muße zu Beschäftigungen finden konnte, die sonst nur in abgeschiedener Stille gedeihen wollen. **Descartes** hat sich in drei Wissenschaften versucht, und in jeder seinen Namen hinterlassen, in der Philosophie, Mathematik und Physik. Besonders war es die Philosophie, welche ihm in den Augen der Zeitgenossen großen Ruf verschaffte, und ihn auch mit der Königin Christine von Schweden in Berührung brachte.

Als Physiker kann **Descartes** grade nicht zum Muster aufgestellt werden. Statt dem von Lord Baco empfohlenen und von Galilei so ruhmvoll betretenen Weg der Erfahrung zu folgen, trat er wiederum in die Fußstapfen der Alten, die da meinten alle Kenntniß der äußeren Natur aus sich selbst schöpfen zu können. Begabt mit großer Schärfe des Verstandes und einer reichen Phantasie überließ er sich fast ausschließlich der spekulativen Richtung; aber ein übertriebenes Vertrauen zu der Vollkommenheit seiner methaphysischen Ideen, durch welche er Alles erklären zu können glaubte, führte ihn meist auf Abwege und Irrthümer, größer als die, welche er zu bekämpfen gedachte.

So ist denn des Bleibenden, das er in der Physik geleistet hat, im Grunde sehr wenig, wenngleich seine Systeme und Hypothesen zur Zeit großen Beifall fanden, und als Anregungsmittel für die Zeitgenossen nicht ganz ohne Nutzen gewesen sein mögen.

138. Unter den Systemen, die **Descartes** aufstellte, hat ihm besonders das vom Universum eine große Berühmtheit verschafft, wiewohl es mehr ein Roman als ein physikalisches System ist, und an die Vorstellung von **Kleanthes** (250 v. Chr.) erinnert, welcher sich den Himmel mit einem Aether gefüllt dachte, der die Sonne und die Planeten um die Erde führt. **Descartes** nahm Wirbel an, welche aus einer feinen Materie bestehen und die Planeten um die Sonne, desgleichen die Trabanten um die Planeten tragen, wie der Wirbelwind den vom Boden aufgehobenen Staub fortreißt.

Diese cartesianischen Wirbel, von denen man nicht begreift, wodurch sie ihrerseits in Bewegung gesetzt werden, haben in den Köpfen der Physiker der letzten Hälfte des XVII. Jahrhunderts gewaltig herumgewirbelt, und fanden auf den Universitäten in Frankreich und England vielen Beifall, so daß es selbst noch Männer wie Newton und d'Alembert für nöthig fanden, das Unhaltbare und Unverträgliche derselben mit Keppler's Gesetzen ausführlich darzulegen.

Descartes entwickelte dieses System in seinen *Principiis philosophicis* in dem Jahre, da Galilei das kopernikanische System abschwören mußte. Er war nahe daran es an Mersenne zum Druck zu übersenden, als ihm die Verfolgungen Galilei's zu Ohren kamen, und er es für gerathener hielt dasselbe einstweilen bei Seite zu legen, es erschien daher erst 1644 zu Amsterdam.¹⁾

Dasselbe Werk enthält auch eine Theorie über die Ursache der Schwere und über die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, die beide hergeleitet aus den supponirten Wirbeln nicht minder unhaltbar sind, als die Theorie von der Bewegung der Himmelskörper. Nach Descartes würde z. B. grade dann Ebbe eintreten müssen, wenn in Wirklichkeit Fluth statt findet, d. h. der Mond im oder am Meridian steht. In demselben Werk entwickelt Descartes ferner eine Theorie der Bewegung, die neben einzelnen richtigen Sätzen meistens nur irrige Begriffe enthält. Dasselbe gilt von seiner Theorie des Stosses, wobei jedoch Descartes das Verdienst gelassen werden muß, daß er überhaupt den ersten Versuch zu dieser Theorie machte. Wie falsch dieselbe, war ist u. A. daraus zu ersehen, daß er annimmt: Stößt ein kleinerer Körper *A* auf einen größeren *B*, welcher ruht, so geht *A* mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück und *B* bleibt in Ruhe. Descartes wußte später selbst aus Erfahrung, daß dies nicht wahr sei, aber seine Principien ließen ihn doch nicht davon ab-

¹⁾ Edinburgh Encyclopædie conducted by D. Brewster VIII, 682.

gehn. Wegen dieser und anderer Unrichtigkeiten wurde er schon durch seinen Zeitgenossen **Deschales** eines Besseren belehrt.¹⁾

Vergleicht man hiermit die klaren Ideen, die **Galilei** aufgestellt hat, so muß es in der That als eine arge Anmaßung von Seiten **Descartes**'s erscheinen, wenn er in einem Briefe an **Mersenne** sagt: Er sähe nichts in **Galilei**'s Werken, um das er ihn beneidete und fast nichts, was er für dessen Eigenes anerkennen möchte! Gewiß hätte ihm **Galilei** diesen Ausspruch mit ungleich größerem Rechte zurückgeben können²⁾.

Dagegen war **Descartes** allerdings im Recht, daß er die *Resistenza del Vacuo* des italienischen Physikers verwarf, und was merkwürdig sein würde, wenn es historisch recht beglaubigt wäre, das Aufsteigen des Wassers in Pumpen durch den Luftdruck erklärte, bevor der berühmte Versuch von **Pascal** angestellt war, ja er nimmt sogar die Idee zu diesem Versuch als sein Eigenthum in Anspruch³⁾. Andererseits aber verfällt er wiederum in Irrthum, wenn er das Zusammenhaften zweier Glasplatten ebenfalls dem Luftdruck zuschreibt.

139. Das bedeutendste Verdienst in der Physik hat sich **Descartes** wohl durch seine Theorie vom Regenbogen erworben. Er hat dieselbe aufgestellt in seiner *Dioptrik*, die 1637 als ein Theil eines größeren Werkes erschien, welches den Titel führte: *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité en sciences. Plus la dioptrique, les météores et la géométrie, qui sont des essais de cette méthode*, Leyd. 1637, ein trotz seiner Mängel durch Klarheit des Vortrags sehr ausgezeichnetes Werk.

In diesem Werk zeigt nun **Descartes** speciell, wie der Haupt- und der Nebenregenbogen entsteht: 1) daß zur Bildung des ersteren die Sonnenstrahlen in die obere Hälfte

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* I, 324, 357, 359.

²⁾ Kästner, *Gesch. der Math.* IV, 25.

³⁾ Fischer, *ibid.* I, 406.

der Vorderseite des Regentropfens eintreten, bei *a*, Fig. 2, § 45, gebrochen werden, an der Hinterseite *b* des Tropfens eine Reflexion erleiden, dann zur unteren Hälfte der Vorderseite gehen und dort bei *c* abermals gebrochen austreten; 2) daß der Nebenbogen gebildet wird durch diejenigen Strahlen, die an der unteren Hälfte der Vorderseite eintreten in *a*, Fig. 3, § 45, dort gebrochen werden und nach zweimaliger Reflexion an der Hinterseite an *b* und *b'* zur oberen Hälfte der Vorderseite gehen, und dort abermals in *c* gebrochen austreten, worauf sie in der Richtung *cd* gesehen werden.

So weit ist nun freilich die Theorie des Regenbogens von einem Paar früherer Physiker aufgestellt, nämlich von dem Predigermönch Theodorich, in dessen *Radialibus impressionibus* 1311, worüber bereits § 45 gesprochen ist, und von Marco Antonio de Dominis (geb. 1566 zu Arbe in Dalmatien, gest. 1624 zu Rom), Erzbischof von Spalatro, in seiner Schrift: *De radiis visus et lucis etc. Venet. 1611.*

Es ist möglich, daß Descartes das eine oder andere dieser Werke gekannt hat, wie man das von de Dominis in Bezug auf das Buch von Theodorich vermuthet, aber wohl zu bemerken ist, daß die von beiden aufgestellte Theorie noch einen Hauptpunkt unerklärt läßt, nämlich nicht Rechenschaft giebt von der Größe des Winkels, den die zum Tropfen austretenden Strahlen mit den einfallenden machen, einen Winkel, der für den Hauptbogen etwa $41^{\circ} 30'$ und für den Nebenbogen nahe 52° beträgt. Dies nun aber hat Descartes der Theorie hinzugefügt und die Art, wie er es gethan, verleiht ihm jedenfalls einen bedeutenden Rang unter den Physikern.

Leider ist hier aber sein Verdienst mit einem Makel behaftet, von dem ihn selbst seine eifrigsten Vertheidiger nicht haben rein waschen können. Jener Theil der Theorie ist nämlich nicht zu geben ohne Kenntniß des Gesetzes von der Brechung des Lichts, des Gesetzes, daß beim Uebergang des Lichts von einem Mittel in ein anderes die Sinus der Winkel, welche die einfallenden und gebroche-

nen Strahlen mit dem Loth auf der Trennungsfläche machen, in einem konstanten Verhältniß stehen.

Dieses Gesetz giebt nun *Descartes* in seiner *Dioptrik*, und zwar als sein Eigenthum ohne zu erwähnen, daß der bereits 1626 verstorbene Prof. *Snell* in *Leyden* dasselbe aufgefunden hatte. *Willebrord Snell* (*Snellius*) war geb. 1591 zu *Leyden* und starb daselbst 1626 als Prof. der Mathematik, ein auch sonst verdienter Mann, namentlich durch seine zwischen *Alkmar* und *Bergen op Zoom* ausgeführte Gradmessung, bei welcher zuerst von der *Triangulation*

Anwendung gemacht wurde; das Nähere darüber enthält sein *Eratosthenes batavus*, *Lugd. bat.* 1617.

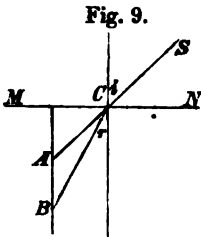


Fig. 9.

Das Brechungsgesetz stellte *Snellius* also dar: Ist *MN*, Fig. 9 die Oberfläche eines brechenden Mediums, *SC* der einfallende, *CB* der gebrochene Strahl, *i* der Einfallswinkel, *r* der Brechungswinkel und *n* der Brechungsexponent, so ist:

$$n \cdot CA = CB \text{ oder } n \sec (90 - i) = \sec (90 - r),$$

$$\text{d. i.} \quad n \operatorname{cosec} i = \operatorname{cosec} r$$

$$\text{also} \quad n = \frac{\operatorname{cosec} r}{\operatorname{cosec} i}.$$

Snellius stellte dieses Gesetz auf in einem Werk, das leider nicht das Licht der Welt erblickte, wodurch er beinahe um die Ehre der Entdeckung gekommen wäre, denn *Descartes*, der es kennen lernte und es 1637 in seiner *Dioptrik* veröffentlichte, galt lange Zeit als Entdecker desselben. Allein *Isaac Voss* (*Vossius*, geb. 1618 zu *Leyden* und gest. 1689 als Kanonikus zu *Windsor*) der gelehrte Kritiker, und *Chr. Huyghens* der berühmte Physiker, die beide das *Snell'sche* Werk im Manuskript gesehen haben, sprechen ohne Rückhalt den Verdacht aus, daß *Descartes* das Werk gekannt habe, was schon dadurch sehr wahrscheinlich wird, daß *Descartes* über 20 Jahre in *Holland* lebte, und unter den Gelehrten dieses Landes viele Freunde und Bekannte zählte. Dazu kommt, daß

Descartes so gut wie niemals seine Quellen nennt (eine Sünde, die sich bis auf den heutigen Tag unter seinen Landsleuten vererbt zu haben scheint), und unter Anderm in seinen philosophischen Principien eine Ansicht vom Weltgebäude ausspricht, die fast wörtlich bei Giordano Bruno zu finden ist ¹⁾).

Es unterliegt somit kaum einem Zweifel, daß Descartes das Gesetz gekannt und keinen Antheil an der Entdeckung desselben hat. Er führt auch keinen Versuch an, wodurch er es gefunden; indess bleibt ihm doch das Verdienst, daß er dasselbe zuerst in der einfacheren Form aussprach, in der es gegenwärtig gebraucht wird. Statt nämlich zu sagen, die Kossekanten stehen in einem konstanten Verhältnisse, wie Snell gethan, sagte er die Sinus dieser Winkel stehen darin.

Es ist ja auch $\operatorname{cosec} x = \frac{1}{\sin x}$, daher $n = \frac{\sin i}{\sin r}$.

Diese Form war gerechtfertigt durch eine Erklärung, die er von der Entstehung des Brechungsgesetzes gab, eine Erklärung, die, wenn sie auch einwurfsfähig ist, doch als erster Versuch zum tieferen Eindringen in die Vorgänge beim Licht, alle Anerkennung verdient und sicher den späteren vollkommneren Theorien vorgearbeitet hat. Sie hängt überdies so innig mit seinen Ideen über das Wesen des Lichts zusammen, daß seine Gegner, glaube ich, ihm Unrecht thun, wenn sie behaupten, Descartes habe diese Erklärung bloß ersonnen, um sein Plagiat zu bemänteln.

Er dachte sich nämlich das Licht aus getrennten unelastischen Theilchen (s. Fermat § 143) bestehend, die mit großer Schnelligkeit vom leuchtenden Körper fortgeschleudert werden. Fallen nun diese Theilchen in schiefer Richtung auf eine Fläche, so zerlegt sich ihre Geschwindigkeit in eine mit der Fläche parallele und eine senkrecht darauf, aus welchen beiden für das Theilchen eine Bewegung unter demselben Winkel von der Fläche weg entsteht, unter dem es aufgefallen ist; also im Wesentlichen dieselbe Erklärung, die späterhin Newton für die Reflexion aufstellte.

¹⁾ Fischer, *ibid.* I, 27.

Zur Erklärung der Refraktion nimmt Descartes an, das durchsichtige Mittel lasse die Lichttheilchen eindringen, und habe die Eigenschaft bloß den senkrechten Theil ihrer Geschwindigkeit zu ändern. Indem er dann noch die Hypothese hinzufügt, daß die wägbaren Mittel den Lichttheilchen um so weniger Widerstand entgegensetzen, als sie dichter sind, wie ja auch ein Ball weniger an Geschwindigkeit verliert, wenn er gegen einen dichten Körper geworfen wird, als wenn er von einem weichen abprallt, so kommt Descartes durch eine ähnliche Zerlegung der Kräfte wie vorher zu dem Satz, daß bei einem und demselben Mittel die Sinus der betrachteten Winkel in einem konstanten Verhältniß stehen.

Wegen dieser Erklärung ist Descartes heftig angegriffen worden, allein wenn sie auch Schwächen hat, wie die erwähnte Hypothese, so muß man doch gestehen, daß sie der späteren Newton's sehr nahe kommt, und keine der Art vorangegangen ist.

140. Um nun wieder auf den Regenbogen zurückzukommen, so hat Descartes das Snell'sche Gesetz zuerst auf dieses Phänomen angewandt, und die Erklärung in einer Weise durchgeführt, die für ihn sehr ehrenvoll ist. Mittelst dieses Gesetzes verfolgte er nämlich den Gang der Strahlen, die auf die Vorderseite eines Regentropfens einfallen, wobei er das Verhältniß der beiden Sinus, des Einfallswinkels i und des Brechungswinkels r (Fig. 2 u. 3, § 45) oder das Brechungsverhältniß zwischen Luft und Wasser von 250 zu 187 annimmt. Sehr mühsam berechnet er nun für 10000 Strahlen, die auf die obere Hälfte der Vorderseite einfallen, die Winkel, welche die austretenden mit ihnen machen. Da findet er denn, indem er von dem Strahl, welcher durch den Mittelpunkt des Tropfens geht, nach oben vorrückt, daß die Winkel anfangs rasch wachsen, dann langsamer und zwischen den Strahlen 8500 und 8600 so wenig, daß die ganze Aenderung in den Minuten bleibt, dann aber nach diesem Maximum die Winkel wieder abnehmen.

Diesen Maximalwerth der Winkel fand er $41^{\circ} 30'$, und nun schloß er, da bei diesem Winkel die austretenden Strahlen ganz oder sehr nahe parallel unter sich bleiben, alle übrigen aber divergiren, so können nur Strahlen, die unter solchem Winkel von dem Tropfen austreten, auf das in der Ferne befindliche Auge einwirken. Folglich sehen wir den Hauptregenbogen auch immer in solcher Lage, daß die von ihm zu uns gelangenden Strahlen einen Winkel von $41^{\circ} 30'$ mit den einfallenden Sonnenstrahlen machen.

Auf ähnliche Weise zeigt er, daß von allen auf die untere Hälfte der Vorderseite des Tropfens einfallenden Strahlen, die nach zweimaliger Refraktion und zweimaliger Reflexion an der oberen Hälfte derselben Seite austreten, nur diejenigen einen Eindruck auf das vom Tropfen entfernte Auge machen können, die parallel ausfahren, und daß dieser Parallelismus unter einem Winkel von $51^{\circ} 54'$ zwischen den einfallenden und ausfahrenden Strahlen statt findet. Daher denn der Nebbogen über dem Hauptbogen, und unter dem Winkel von $51^{\circ} 54'$ gegen die Sonnenstrahlen.

Ueber die Farben des Regenbogens und namentlich, weshalb die Farbenfolge von Violett nach Roth (*V* und *R* in Fig. 2 u. 3) in Haupt- und Nebbogen die entgegengesetzte ist, wußte *Descartes* noch keine genügende Rechenschaft zu geben, das blieb *Newton* vorbehalten. *Descartes* zeigte nur, wie auf einer von der Sonne beschienenen Tropfenwand zwei helle Kreisbogen von den angegebenen Winkeldurchmessern entstehen können; allein das ist auch die Bel-Etage des Gebäudes, zu welchem Bruder *Theodoric* das Fundament legte, und *Newton* die Krone aufsetzte — oder auch nicht, denn es hat sich erst neuerdings herausgestellt, daß die Theorie vom Regenbogen, die man seit *Newton*'s Zeit für abgeschlossen hielt, doch noch in einiger Hinsicht Mängel hatte (s. § 281).

Uebrigens muß ich hinzufügen, daß *Descartes* in seiner Lichttheorie keineswegs so fest war, wie es aus der Erklärung des Reflexions- und Refraktionsgesetzes scheinen

möchte. Bei dieser Erklärung ist er entschieden Anhänger des Emissionssystems; in andern Fällen nähert er sich dagegen der Meinung der Undulationsfreunde, indem er bloß von Bewegungen spricht und sagt, man dürfe nicht glauben, daß beim Sehen etwas Materielles ins Auge gelange. In noch andern Fällen scheint er sogar die platonische Synaue oder die Lehre von den Augenstrahlen wieder auffrischen zu wollen, indem er das Sehen mit einem Tasten vergleicht und sagt, man sehe nicht allein mittelst etwas, das von den leuchtenden Körpern ins Auge käme, sondern auch durch etwas, das in den Augen ist, und sich von diesen zu dem gesehenen Körper erstreckt. Er will hierdurch erklären, daß Katzen im Finstern sehen, was aber nicht wahr ist ¹⁾.

Aus diesem Allen erhellt zur Genüge, daß seine Vorstellungen von der Natur des Lichts noch sehr viel Schwankendes hatten. Das gilt namentlich auch von den Farben, die er an einer Stelle dadurch erklären will, daß er den fortgeschleuderten Lichttheilchen noch eine mehr oder weniger große Rotationsgeschwindigkeit beilegt.

141. Descartes hat in seiner Dioptrik, die jedenfalls ein in der Geschichte der Optik epochemachendes Werk ist, auch noch mancherlei andere Probleme behandelt. Dahin gehört die Frage vom Ajustirungsvermögen des menschlichen Auges, wobei er, ohne Scheiner zu nennen, den von diesem im J. 1625 am Ochsenauge angestellten Versuch beschreibt, aber auch modificirt, indem er das präparirte Ochsenauge durch Druck verlängert und dabei beobachtet, daß sich dann auch von näheren Gegenständen ein deutliches Bild auf der durchscheinenden Netzhaut erzeuge, weshalb er der Keppler'schen Erklärung vom Sehen (§ 73) beipflichtet.

Ferner erörtert er die Anfertigung hyperbolischer Linsen statt der sphärischen zum Zweck der Vervollkommenung der Fernröhre, von denen er damals nur das holländische

¹⁾ Gehler, Wörterb. II, 892. -

kannte. Er gab auch eine Maschine zum Schleifen solcher Linsen an, mit welcher der Künstler **Ferrier** 1628 in Paris wirklich eine konvexe dieser Art zu Stande brachte, aber keine konkave. — Es ist auffallend, daß **Descartes**, obwohl er das Refraktionsgesetz beim Regenbogen so glücklich anwandte, doch die Theorie der Linsengläser gänzlich verfehlte.

142. Auch aus anderen Zweigen der Physik lassen sich noch verschiedene Gegenstände aufzählen, an denen **Descartes** seinen Scharfsinn und seine Thätigkeit übte. Darunter ist sogar einer, zwar nicht von großem Belang aber doch auch nicht ohne Interesse, an welchem **Descartes**'s Name sich verewigt hat, nämlich das cartesianische Teufelchen oder der cartesianische Taucher, *plongeur de Descartes*. Allein ich will diese Gegenstände übergehen, um noch ein Paar Worte über **Descartes**'s mathematische Verdienste zu sagen, denn unstreitig begründen diese einen sehr wesentlichen Theil seines Rufs.

Descartes ist der Schöpfer eines ganzen und sehr wichtigen Theiles der Mathematik, der analytischen Geometrie, die in der Folgezeit, namentlich für alle Anwendungen, die konstruktive euklidische Geometrie in den Hintergrund gedrängt hat. Ebenso hat er auch in der Algebra ein ehrenhaftes Denkmal hinterlassen. Ihm verdanken wir die Kenntniss und den Gebrauch der negativen Wurzeln der Gleichungen, sowie auch eine leichte Regel zu erkennen, wieviel positive und negative Wurzeln die Gleichung habe, falls keine imaginären darunter sind.

143. Unter den französischen Physiko-Mathematikern jener Zeit, die auf eine erfolgreiche Weise in den Gang der Wissenschaften eingriffen, und zugleich zur Anerkennung der mechanischen Entdeckungen **Galilei**'s beitrugen, kann ich nicht unterlassen noch **Format** zu nennen, nach dem Urtheil kompetenter Richter eins der größten mechanischen Talente, die Frankreich je hervorgebracht hat.

Pierre Fermat, geb. zu Toulouse 1608 und gest. daselbst 1665 als Mitglied des dortigen Parlaments. Seine

Werke sind nach seinem Tode gesammelt und füllen zwei Folianten. Sie enthalten Untersuchungen, welche berechnen ihn als einen Vorläufer derjenigen großen Männer zu betrachten, die später den Infinitesimal-Kalkül erschufen.

Unter Anderem gab er schon 1636 eine Methode die Maxima und Minima veränderlicher Größen in allen Problemen zu bestimmen, gegründet auf das Princip, welches schon Keppler in seiner *Stereometria doliorum*, *Lincii 1615* entwickelte, daß die Veränderungen einer variablen Größe in der Nähe ihres Maximums oder Minimums null sind. Fermat kam darüber in einen lebhaften Streit mit Descartes, der eine andere Methode zu gleichem Zweck gegeben hatte, darauf gegründet, daß an den Punkten des Maximums oder Minimums einer Kurve die Tangente derselben parallel wird der Abscissenaxe ¹⁾.

In einen zweiten Streit verwickelte sich Fermat mit Descartes dadurch, daß er dessen Brechungsgesetz angriff, noch ehe dessen Dioptrik erschienen war, da er sich ein Exemplar zu verschaffen gewußt hatte. Er fand es wohl mit Recht bedenklich, daß das Licht in einem Körper desto weniger Widerstand finden solle, je dichter er ist; auch bestritt er, daß die Reflexion durch den Abprall unelastischer Lichttheilchen, wie sie Descartes annahm (§ 139), zu erklären sei. Durch Vermittelung von Freunden wurde diese erste Diskussion beigelegt, ohne daß beide, Descartes und Fermat, ihre Ansichten geändert hätten. Als indeß nach 20 Jahren Clerselier (geb. 1614, gest. 1686), ein Schüler von Descartes und Herausgeber von dessen Briefen, die Ansichten seines Lehrers abermals vertheidigte, wurde Fermat veranlaßt gegen diesen den früheren Streit zu erneuern.

Im Verfolge dieses Streites wurde Fermat zu dem sehr merkwürdigen Satz geführt:

daß das Licht bei allen seinen Bewegungen den Weg der kürzesten Zeit einschlägt,

¹⁾ Montucla, II, 133; Kästner, III, 313.

ein Satz, der freilich grade umgekehrt wie **Descartes** supponirt, daß das Licht sich in dichteren Mitteln langsamer bewegt, als in lockeren, aber ebenfalls zu dem von **Snell** entdeckten Gesetze führt, wie **Fermat** durch seine Methode der Maxima und Minima fand. Der vorstehende Satz, der späterhin von **Leibnitz** in einer anderen Form wieder aufgenommen wurde, ist übrigens eine Verallgemeinerung desjenigen, den **Hero** von Alexandrien für die Reflexion aufstellte, und welcher lautet: daß das Licht immer den kürzesten Weg einschlägt (§ 7). Mit diesem Satz fällt der **Fermat'sche** zusammen, wenn das Licht in einem und demselben Medium bleibt.

In nähere Beziehung zu Galilei tritt **Fermat** dadurch, daß er dessen Fallgesetze gegen die unhaltbaren Angriffe seiner Gegner vertheidigte, und daß er auch andererseits über die Schwere die Meinung aussprach, die späterhin durch **Newton** zur Wahrheit erhoben wurde, daß nämlich die Schwere durch ein gegenseitiges Anziehen der Körper erfolge. Er sprach es hierbei aus, daß die Schwere im Innern der Erde mit der Tiefe abnehme, indem die oberen Theile rückwärts ziehen und folgert dann, sie müsse sich verhalten direkt wie der Abstand vom Mittelpunkt ¹⁾.

144. Wenden wir uns nun wieder nach Italien, um zu sehen, welche Fortschritte hier die Kultur der von **Galilei** angebauten Felder unserer Wissenschaft machte. Das Interdikt der Kirche hatte den astronomischen Forschungen einen vor der Hand unübersteiglichen Wall entgegengestellt, es war also wohl natürlich, daß der strebsame und durch **Galilei** so mächtig angeregte Geist jener Zeit sich in den Gebieten der Physik zu entschädigen suchte, wo er sich in seinen Bewegungen nicht gehemmt sah.

Im engeren oder weiteren Sinn sind es alle Schüler von **Galilei**, die wir hier in dieser Richtung glänzen sehen, und nach deren Abgang eine lange Periode der Lethargie für Italien eintritt, von der es erst in neuerer Zeit ange-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 271.

fangen hat sich einigermaßen zu erholen. Unter diesen Schülern Galilei's treten zunächst hervor Castelli und Torricelli.

Benedetto Castelli, aus einem adligen Geschlecht, geb. 1577 zu Brescia, gest. zu Rom 1644, war Benediktiner von der Kongregation des Monte Cassino und Prof. der Mathematik zu Rom. Er war schon ziemlich früh mit Galilei bekannt, und ein Gehülfe bei dessen astronomischen Beobachtungen.

Im zweiten Brief, welchen Galilei im J. 1612 an den augsburger Bürgermeister Welser richtete, nennt er Castelli als Erfinder des Verfahrens, die Sonnenflecke dadurch sichtbar zu machen, daß man das Sonnenbild in einigem Abstand vom Okular des Fernrohrs mit einer weißen Tafel oder einem geölten Papier auffängt, ein Verfahren, welches besonders damals schätzbar war, als man noch keine Blendgläser kannte. Es wäre also Castelli und nicht Scheiner der erste Erfinder des Instruments, welches letzterer Helioskop nannte, doch auch schon 1613 darstellte, vielleicht nach der Idee, die bereits Keppler dazu ausgesprochen hatte.

Im J. 1628 gab Castelli zwei hydraulische Werke zu Rom heraus, betitelt: *Della misura dell' acque correnti* und *Dimostrazioni geometriche della misura dell' acque correnti*. Sie enthalten die ersten gesunden Principien über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen, und verschafften dem Verfasser einen solchen Ruf, daß der Papst Urban VIII., derselbe, der Galilei verdamnte, ihn als Lehrer der Mathematik nach Rom berief, und ihm außerdem die Leitung verschiedener hydraulischen Unternehmungen übertrug, die er zur vollen Zufriedenheit Sr. Heiligkeit vollendete. Uebrigens vertheidigte Castelli bereits seit 1615 die hydrostatischen Lehren Galilei's gegen die ungerechten Angriffe von Delle Combe und Vincenzo di Grazia.

145. Noch berühmter als Castelli und auch bekannter im Auslande ist der andere Schüler Galilei's, **Evangelista Torricelli**, geb. 1608 zu Faenza, gest. 1647 zu Florenz im

eben vollendeten 39. Lebensjahr. Seinen Unterricht in der Mathematik erhielt er zu Rom durch Castelli. Als er dort Galilei's Gespräche über zwei neue Wissenschaften, welche 1638 erschienen, kennen lernte, gaben sie ihm Veranlassung, Galilei's Lehren von der Bewegung der Körper in einer Schrift noch auf eine andere Weise vorzutragen.

Castelli, welcher bald darauf 1641 in Ordensangelegenheiten nach Venedig reisen mußte, nahm seinen Weg durch Florenz und überbrachte die Schrift Torricelli's dem Galilei, der damals schon 78 Jahre zählte und völlig erblindet war. Galilei sprach den Wunsch aus Torricelli kennen zu lernen, um ihm zugleich die Vollendung der beiden letzten Dialoge seines eben genannten Werkes zu übertragen.

Torricelli nahm das Anerbieten an und kam noch im Oktober 1641 nach Arcetri, wo sich Galilei damals aufhielt. Die Freude des Zusammenlebens mit dem ehrwürdigen Greise, aus dessen Schriften er seine physikalische Bildung erlangt hatte, sollte indeß nur von kurzer Dauer sein, denn schon drei Monate hernach unterlag derselbe seinen körperlichen Leiden. Indeß konnte Torricelli doch noch den fünften Dialog unter Galilei's Leitung vollenden, und dieser ist 1674 von Viviani, einem anderen Schüler Galilei's, im Druck herausgegeben.

Torricelli wollte nun nach Rom zurückkehren, allein da der Großherzog von Toskana, Ferdinand II., ihm die von Galilei innegehabten Stellen eines Hofmathematikers und der Professur für Mathematik antragen ließ, so zog er es vor, in Florenz zu bleiben.

Gewiß war Torricelli der würdigste Nachfolger Galilei's. Er trat ganz in die Fußstapfen seines großen Lehrers, und würde sicher noch sehr Bedeutendes zur Erweiterung der Wissenschaften geleistet haben, wenn ihn nicht schon fünf Jahre hernach ebenfalls der Tod ereilt hätte. Er starb am 25. Oktober 1647 ebenso geachtet und belohnt von seinem fürstlichen Beschützer wie Galilei. Charakteristisch für Torricelli ist es, daß er nichts auf Nachruhm gab.

Eine seiner Vorlesungen, die er zu Rom in der Accademia della Crusca hielt, und welche später im Druck erschien, hatte zum Thema den Satz: Der Ruhm nach dem Tode ist nichts und keiner Bestrebung werth; nach dem Tode sind alle Menschen gleich berührt. — Er entwickelt diesen Satz ausführlich ohne zu ahnen, daß er selbst ein glänzendes Beispiel von der Unrichtigkeit desselben aufstellen würde¹⁾.

146. Torricelli hat in verschiedenen Zweigen der Physik Forschungen angestellt, und überall sein hohes Talent dokumentirt. Er machte Untersuchungen über die Gläser zu Fernröhren und über die Mikroskope. Er fand auch zuerst, daß kleine Glaskugeln, wie man sie vor jeder Lampe schmelzen kann, die vortrefflichsten einfachen Mikroskope abgeben.

Am meisten hat er sich jedoch in dem mechanischen Theil der Physik verdient gemacht. Von seinen gesunden Ansichten über die Bewegungsphänomene zeugen schon seine *Lezioni accademiche*, herausgegeben 1715 zu Florenz von Bonaventura, worin er die Lehre der Peripatetiker von den leichten und schweren Körpern auf eine sehr hübsche Art persiflirt, und über den Stoß der Körper grade so urtheilt wie Galilei, nämlich, daß der Stoß sich in keiner Weise mit dem Druck vergleichen lasse.

Entschiedener zeigt sich Torricelli als erfindender Kopf in seinem *Trattato del moto dei gravi*, Florenz 1641, die weitere Ausführung des von Castelli an Galilei überbrachten Werkes. Darin findet sich auch der Satz: Zwei mit einander verknüpfte Körper sind in Gleichgewicht, wenn, wie man sie auch lege, ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt weder gehoben noch gesenkt wird; — wozu die Wage sowie die schiefe Ebene, wenn über ihren oberen Rand eine die beiden Körper verbindende Schnur gelegt wird, bekannte und anschauliche Beispiele liefern.

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. IV, 458. 465.

Poggendorff, Gesch. d. Physik.

Namentlich aber behandelt er zwei Gegenstände mit Glück darin, die Wurfbewegung und das Ausfließen von Flüssigkeiten, in welchem letzteren er noch keine Vorgänger hatte. In Bezug auf die Wurfbewegung bestätigte er Galilei's Sätze:

1) daß ein geworfener Körper, vom Luftwiderstand abgesehen, eine Parabel beschreibt;

2) daß die Wurfweite bei einer Elevation von 45° am grössten ist, und

3) daß sie für jede Elevation $= 45^\circ \pm x$ gleich sei. Diese Sätze vermehrte er indess durch den sehr merkwürdigen Satz: daß alle Parabeln, die man erhält, wenn ein Körper mit gleicher Geschwindigkeit unter Elevation von 0 bis 90° abgeschossen wird, eingeschlossen oder eingehüllt werden von einer Kurve, die wiederum eine Parabel ist. — Endlich suchte Torricelli auch die GröÙe der parabolischen Bahn eines geworfenen Körpers für eine gegebene GröÙe der Wurfkraft zu bestimmen.

Ein ganz neues Feld eröffnete Torricelli durch seine Untersuchung über den Ausfluß des Wassers aus GefäÙen. Bei diesem späterhin so vielfach bearbeiteten und immer noch nicht vollständig gelösten Problem verdanken wir ihm namentlich folgende Sätze:

1) daß das Wasser, welches aus der Seitenwand eines GefäÙes ausfließt, den Gesetzen der Wurfbewegung folgt, daß der Wasserstrahl eine parabolische Form besitzt;

2) daß die Bogenweite des Strahls am grössten ist, wenn die Oeffnung sich in der Mitte der Wasserhöhe befindet;

3) daß Oeffnungen in gleichem Abstand über oder unter dieser Mitte eine kleinere aber gleiche Bogenweite geben;

4) wenn der Abstand gleich großer Oeffnungen von der Oberfläche des Wassers $= h, h'$ und die daraus in gleicher Zeit abfließende Wassermenge w, w' ist, dann

$$w : w' = \sqrt{h} : \sqrt{h'}.$$

5) Gefäße von gleicher Weite und Oeffnung aber ungleicher Höhe h, h' entleeren sich in Zeiten t, t' , wobei

$$t : t' = \sqrt{h} : \sqrt{h'},$$

eine Folge von No. 4.

6) Für den Fall, daß sich die Oeffnung in dem horizontalen Boden eines Gefäßes befindet, lehrte er folgenden Satz: Wenn man die Zeit, die zur gänzlichen Entleerung des Gefäßes erforderlich ist, in gleiche Theile theilt und die Wassermenge, welche in dem letzten Zeittheile ausfließt = 1 setzt, so ist die Wassermenge im vorletzten Zeittheil 3, in den dann folgenden Zeiten rückwärts gerechnet 5, 7, 9 . . . Wäre die Zeit der gänzlichen Entleerung 6 Minuten, so würde, wenn die Ausflußmenge in der 6. Minute 1 Pfund betrüge, dieselbe in der 5., 4., 3., 2., 1. Minute sein respektive: 3, 5, 7, 9, 11 Pfund, also in der 1., 2. . . 6. Minute 11, 9, 7 . . . 1 Pfund.

Senkrecht in die Höhe geworfene Körper verhalten sich in Bezug auf die Abnahme ihrer Geschwindigkeit ebenso, mithin folgerte Torricelli richtig, daß Flüssigkeiten beim Abfluß aus Gefäßen ganz denselben Gesetzen folgen wie starre Körper beim senkrechten freien Fall. Er machte daraus auch eine Anwendung auf die Springbrunnen, indem er sagte, daß deren Höhe gleich der Wasserhöhe im Gefäße sein würde, wenn nicht Störungen stattfänden.

147. Am bekanntesten und berühmtesten ist Torricelli durch die Erfindung des Barometers geworden, unstreitig eine sehr wichtige Erfindung, die aber doch sicher ihrem Urheber nicht soviel Nachdenken gekostet hat, als die Untersuchungen über den Ausfluß des Wassers und die Wurfbewegung.

Torricelli kannte, was Galilei über die *Resistenza del Vacuo* gedacht und experimentirt hatte, er wußte, daß Wasser nur etwa 32 Fuß in senkrechten Röhren ansteige, es war also im Grunde nicht schwer auf den Gedanken zu kommen, daß eine specifisch schwerere Flüssigkeit auf einer geringeren Höhe würde stehen bleiben. Dennoch

muß der Gedanke, Quecksilber statt Wasser zu nehmen, in Betracht der wichtigen Folgen für die Physik ein höchst glücklicher genannt werden. Torricelli faßte diesen glücklichen Gedanken, und daher muß er mit Recht als Erfinder des Barometers betrachtet werden; aber er selbst verwirklichte ihn nicht sogleich, sondern überließ die Ausführung seinem Freunde Viviani, dem er seine Idee mitgetheilt hatte.

1643 war das Jahr, in welchem das erste allerdings unvollkommene Barometer das Licht der Welt erblickte. Mit Recht nannte man es die torricellische Röhre, nicht die vivianische, weil hier die Idee höher angeschlagen werden muß als die Ausführung. Torricelli überzeugte sich übrigens auch bald hernach durch eigene Erfahrung von der Richtigkeit seiner Idee, und was ihm noch einen erhöhten Anspruch auf die Erfindung des Barometers giebt, ist, daß er sogleich den Luftdruck als die Ursache des Stehenbleibens der Quecksilbersäule erkannte und bezeichnete.

Es muß daher Torricelli als Entdecker des Luftdrucks betrachtet werden, obwohl im Grunde das Barometer den Luftdruck nicht strenger erweist als eine Wasserpumpe. Torricelli ist aber nicht allein Entdecker des Luftdrucks, sondern auch Entdecker der Veränderungen desselben. Als er nämlich die Höhe der Quecksilbersäule in seiner Glasröhre mehrere Tage lang beobachtete, fand er, daß sie nicht immer dieselbe blieb, sondern bald zu- bald abnahm. Sehr richtig bemerkte er im J. 1644 gegen seinen Freund Ricci in Rom, daß eine solche Quecksilbersäule ein Werkzeug zum Messen der Veränderungen des Luftdrucks abgeben könne, und er setzt hinzu, die Messung dieser Veränderungen und nicht die Hervorbringung eines leeren Raumes sei der Zweck bei Anstellung seiner Versuche gewesen. Er muß also die Existenz des Luftdrucks und des Vakuums durch die Erscheinungen an Pumpen und durch Galilei's Versuche schon für hinreichend erwiesen gehalten haben.

An dem Verfolge seiner Ideen ist Torricelli wohl gehindert worden, denn wiewohl er erst 1647 starb, weiß man doch nicht, daß er aus Beobachtungen am Barometer irgend einen erheblichen Schluß gezogen hätte. Es waren übrigens nur die unregelmäßigen Schwankungen des Barometers, die Torricelli entdeckte, die weit kleineren periodischen wurden erst viel später bemerkt.

Torricelli theilte seine Entdeckung im J. 1644 u. A. auch dem Pater Mersenne mit, der zu Nevers lebte und durch den ausgebreiteten Briefwechsel, den er mit den angesehensten Physikern und Mathematikern seiner Zeit führte, zu einem wissenschaftlichen Centrum für sie geworden war. Da ich später keine schickliche Gelegenheit habe von den Verdiensten dieses Mannes zu reden, so will ich sie kurz hier auseinandersetzen.

148. Marin Mersenne, geb. 1588 zu Soultière bei Bourg d'Oizé, Le Maine, erzogen in der Jesuitenschule zu La Flèche mit Descartes und gest. 1648 zu Paris, war dem Orden der Minoriten angehörig. Obgleich seine Thätigkeit meist eine literarische war, und er mehr durch Gelehrsamkeit und Eifer für die Wissenschaft als durch Talente glänzte, so hat er doch für die Zeit gar nicht zu verachtende experimentelle Untersuchungen angestellt. Dahin gehören:

Eine Arbeit über das Pendel in so fern bemerkenswerth, als sie den ersten rohen Versuch zur Bestimmung der Länge des Sekundenpendels enthält.

Eine Untersuchung über den Ausfluß des Wassers aus Gefäßen, in einigen Dingen mit der Arbeit von Torricelli zusammenfallend, aber doch nicht mit ihr zu vergleichen. Eigenthümlich möchte nur die Bemerkung sein, daß ein Wasserstrahl aus senkrechter Wand nicht genau parabolisch ist wegen des Widerstandes der Luft, daß daher auch die Springhöhe des Wassers unter der Höhe des Wasserdrucks bleibt. Diese Untersuchung beschrieb er in dem Werk: *Phaenomena hydraulico - pneumatica*, Paris 1644.

Dasselbe Werk enthält auch rohe Versuche zur Bestimmung der Ausdehnung der Luft, indem er sie in einer Aeolipile bis zum Glühen erhitzte, und darauf Wasser eintreten ließ. Ferner beschreibt er ein Hygroskop, indem er eine Darmsaite in freier Luft auf einen gewissen Ton spannte, und auf feuchtere Luft schloß, wenn sie einen höheren Ton angab, dagegen auf trockenere, wenn sie sich tiefer stimmte ¹⁾. Endlich findet sich darin auch die wahrscheinlich erste Beschreibung der Windbüchse, deren Erfindung sich nicht ganz mit Unrecht bis in die Zeit von Ktesibius zurückführen läßt. Mersenne giebt an, ein französischer Künstler Marin, Bürger zu Lisieux in der Normandie, habe eine solche für Henry IV. verfertigt. Nürnberger Chroniken hingegen nennen Hans Lobsinger, welcher 1570 starb, als Erfinder der Windbüchsen, von denen er 1560 die ersten verfertigt haben soll ²⁾. Nach einer Angabe Musschenbroek's in seiner *Introductio* befand sich in der Waffensammlung eines Hrn. v. Schmettau eine Windbüchse mit der Jahreszahl 1474.

Trotz dieser vielfachen Beschäftigungen mit Problemen der mechanischen Physik hatte Mersenne doch in einigen Stücken sehr verworrene Begriffe; so wollte er die Kraft des Stosses durch den Druck messen, wie früher Riccioli und Casrte, und das Saugen erklärte er durch Häkchen, mit denen die Lufttheilchen die Wassertheilchen nach sich ziehen sollen!

Nicht unbedeutend zu Mersenne's Ruf trug bei ein anderes Werk: *Harmonicorum libri XII*, Paris 1636, welches das damals noch wenig angebaute Feld der Akustik zum Gegenstand hat. Mersenne giebt darin eine Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, die zweite, die man kennt und nach der Weise von Gassendi, vielleicht etwas genauer. Er fand sie zu 1380 Fuß. Auch machte er die Bemerkung, daß eine Saite neben dem Grundton noch andere höhere Töne geben könne.

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* II, 224.

²⁾ Gehler, *Neues phys. Wörterb.* X, 2119.

In der Optik war **Mersenne** nahe daran eine wichtige Erfindung zu machen, nämlich die der Spiegelteleskope (*Phaenomena hydraulico-pneumatica* pag. 96). Er schlug vor zwei parabolische Hohlspiegel gegen einander anzuwenden, einen größeren auf den fernen Gegenstand gerichtet, und einen kleineren nahe am Brennpunkt des ersteren, damit er die konvergierend auf ihn fallenden Strahlen parallel zurücksende in das Auge durch ein Loch im großen Spiegel, das nicht größer ist als die Pupille. Er liefs es indess bei dem Vorschlag bewenden, bei welchem übrigens das Glas vor dem Auge vergessen war, weil ihm **Descartes** verschiedene Einwendungen machte, welcher die Herstellung der parabolischen Spiegel äufserst schwierig, die Annäherung des Auges an den kleinen Spiegel zu gering fand, und hinsichtlich der Länge des Instruments und seiner Helligkeit keinen Vortheil vor den dioptrischen Fernröhren sah¹⁾. So ist **Mersenne** denn um die Ehre der ersten Ausführung eines Instruments gekommen, das jedenfalls vollkommener war, als das, welches **Zuechi** 20 Jahre früher erdachte und sogar darstellte.

Nicola Zuechi, ein Jesuit, geb. 1586 zu Parma und gest. 1670 zu Rom, hat schon im J. 1616 die Idee zum Spiegelteleskop gefafst und auch so weit roh ausgeführt, als er mittelst einer konkaven Linse in passender Entfernung in den Hohlspiegel sah²⁾. Derselbe **Zuechi** soll auch nach **Bailly's** Zeugniß (*Résumé complet de l'astronomie, Paris 1825*) die Flecken und Fackeln im Jupiter zuerst gesehen haben.

Aus allem, was ich von **Mersenne** angeführt, geht hervor, daß er kein Physiker ersten Ranges war. Sein Hauptverdienst möchte wohl in seiner brieflichen Thätigkeit bestehen, wodurch er den Mangel eines physikalischen Journals damaliger Zeit ersetzte und viel Gutes stiftete, mitunter aber auch Unheil anrichtete. Denn so verwickelte

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 309.

²⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 307.

er **Torricelli** in einen heftigen Streit mit dem französischen Mathematiker **Roberval**, indem er dem ersteren von des letzteren Beschäftigungen mit der Cykloide 1639 schrieb ohne zu sagen, daß das gestellte Problem, Area und Tangente, bereits von **Roberval** gelöst sei. **Torricelli** und sein Freund **Cavalieri** machten sich an das Problem, lösten es und wurden dafür, obgleich mit Unrecht, von **Roberval** des Plagiats beschuldigt. — Durch den Pater **Mersenne** gelangte also die Kunde von **Torricelli's** Entdeckung nach Frankreich und dadurch auch an **Pascal**, unter dessen Händen sie nun bald eine merkwürdige Bestätigung erfahren sollte.

149. **Blaise Pascal** wurde geb. am 19. Juni 1623 zu Clermont in der Auvergne und starb am 19. Aug. 1662, also nur 39 J. alt zu Paris. Er war der einzige Sohn seines Vaters **Etienne**, eines auch in den mathematischen Wissenschaften bewanderten Mannes, der zu Clermont die Stelle eines Präsidenten am Cour-des-aides d. i. Steuerkammer bekleidete.

Schon in der frühesten Jugend zeigte **Blaise Pascal** ganz ungewöhnliche Fähigkeiten, einen bewundernswürdigen Verstand, der von allen Dingen, die ihm vorkamen, die Ursache wissen wollte. Dies veranlaßte den Vater hauptsächlich seine Stelle im J. 1631 niederzulegen, und mit seinem achtjährigen Sohn nach Paris zu ziehen, um dort ganz der Erziehung des Sohnes zu leben, der auch außer ihm keinen anderen Lehrer hatte. Auch hier legte der junge **Blaise** bald auffallende Proben seines angeborenen Forschertalents ab. Denn als Jemand einst bei Tafel zufälligerweise an ein Trinkglas stieß und den Ton, den es gab, dadurch unterdrückte, daß er das Glas oben anfaßte, wollte **Blaise** sogleich wissen, weshalb der Ton verstummte, und da er mit der gegebenen Erklärung nicht zufrieden war, schrieb er selbst einen Aufsatz über den Klang. Er war damals noch nicht 11 Jahr.

Der Vater hatte die Ansicht sein Sohn müsse sich erst in Sprachen ausbilden, ehe er andere Dinge lerne;

er versteckte daher förmlich die Mathematik vor seinem Sohn, und bat auch seine Freunde, nicht in dessen Gegenwart von mathematischen Gegenständen zu reden. Allein diese Absperrung war schwer durchzuführen. Der Vater war in freundschaftliche Verhältnisse getreten mit **Mersenne**, **Roberval**, **Midorge**, **Carcavi** u. a. Männern, welche nachmals die pariser Akademie der Wissenschaften bildeten, und schon damals wissenschaftliche Zusammenkünfte hielten. Abwechselnd versammelten sie sich auch bei dem Vater, und da hatte **Blaise** Gelegenheit bald so viel von den Beschäftigungen dieser Männer zu hören, daß in ihm ein unwiderstehlicher Trieb zu ähnlichen Studien erwachte.

Er beschwor den Vater förmlich ihn in der Mathematik zu unterrichten, und da dieser es ihm abschlug, ihm wenigstens zu sagen, was Mathematik sei? Der Vater antwortete, es ist die Wissenschaft, welche lehrt richtige Figuren zu zeichnen und ihre gegenseitigen Verhältnisse zu finden; aber zugleich verbot er ihm auch darüber zu sprechen und darüber nachzudenken. Aber das war Oel ins Feuer gegossen! Als der Vater einige Tage darauf unvermerkt in das Zimmer seines Sohnes trat, fand er diesen vollauf beschäftigt mathematische Figuren zu zeichnen und zu kombiniren, denen er selbst größtentheils keine Namen zu geben wußte, ausgenommen Kreis und Linie (rond, barre). Ja was den Vater noch mehr überraschte war zu sehen, daß sein 12 jähriger Sohn die XXXII. Prop. des I. Buchs von Euklid, daß in jedem Dreieck die Summe der Winkel gleich zwei rechten ist, ohne alle Anleitung aufgefunden hatte.

Von nun an war er der Neigung seines Sohnes nicht mehr entgegen! Er gab ihm den Euklid in die Hand, den **Blaise** förmlich verschlang, sowie auch andere Werke, durch deren Studium dieser es dahin brachte, daß er bereits im 16. Jahr einen scharfsinnigen Traktat über die Kegelschnitte schrieb, von dem **Descartes** nicht anders glauben wollte, als daß er vom Vater verfaßt wäre. Der junge **Blaise** wohnte nun regelmäßig den Versammlungen

der erwähnten Gesellschaft bei, und beschämte durch seine Urtheile und Arbeiten nicht selten die älteren Mitglieder. Im 19. Jahre erfand er eine Rechenmaschine, die großes Aufsehen erregte, und später den berühmten Leibnitz veranlaßte eine ähnliche vollkommnere Maschine zu konstruiren. Jene addirte und subtrahirte nur, diese multiplicirte und dividirte auch ¹⁾.

Neben allen diesen Beschäftigungen trieb Pascal auch philosophische und philologische Studien und zwar mit solcher Anstrengung, daß seine ohne dies schon schwache Gesundheit im 18. Jahr vollständig untergraben war.

150. Durch die Verbindung mit den wissenschaftlichen Männern der Hauptstadt lernte Pascal die Arbeiten Galilei's und Torricelli's kennen. Der Versuch des letzteren machte einen großen Eindruck auf ihn; er wurde bekannt damit durch Pierre Petit (geb. 1598, gest. 1667), einen Schüler von Descartes und achtbaren Physiker und Astronomen seiner Zeit, der die Sache zunächst von Mersenne erfahren hatte. Pascal nahm daraus Anlaß den Versuch zu Rouen, wo sein Vater wiederum ein Amt im Justiz- und Finanzfach bekleidete, im großen Maßstab zu wiederholen. Er füllte u. A. Röhren von 46 Fuß Länge, die oben zugeschmolzen waren, theils mit Wasser, theils mit Rothwein, und wenn er diese in der Flüssigkeit umkehrte, sah er die Säule bei einer Höhe von etwa 32 Fuß stehen bleiben, er mochte die Röhren senkrecht stellen oder mehr oder weniger neigen.

Von Torricelli's Versuch lernte er anfangs nur den thatsächlichen Theil kennen, nicht die Erklärung, welche Torricelli von der begränzten Länge der Quecksilbersäule gegeben hatte. Es war daher einigermaßen verzeihlich, daß Pascal in einem Schriftchen, in welchem er den erwähnten und noch manchen anderen Versuch beschrieb, und das den Titel führt: *Experiences nouvelles touchant le*

¹⁾ Busch, Handb. der Erfindungen XI, 32.

vide, Paris 1647 der herrschenden Meinung huldigte, und die Erscheinung dem Horror vacui zuschrieb.

Indefs kam Pascal bald von seinem Irrthum zurück; noch in demselben Jahre lernte er Torricelli's Erklärung kennen. Er fand die Idee vom Luftdruck sehr schön, hielt sie aber nicht für bewiesen und sann daher auf einen strengen Beweis. Er ordnete den Versuch so an, daß die äußere Luft ganz entfernt werden konnte und fand, daß das Quecksilber in der Röhre sofort bis zur Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäß, worin die Röhre stand, herabsank. Er nannte diesen sinnreichen Versuch *preuve du vuide dans le vuide*.

Hierdurch sah nun Pascal den Luftdruck für bewiesen an, und man muß zugeben, daß dies auch der erste Beweis für denselben war, denn dadurch allein, daß man eine oben geschlossene Röhre mit Quecksilber statt Wasser füllte, war der Horror vacui noch nicht widerlegt. Indefs konnte sich Pascal hierbei noch nicht beruhigen, er schloß weiter: Wenn die Quecksilbersäule im Barometer vom Luftdruck getragen wird, so muß ihre Länge auf Bergen kürzer sein, weil dort der Luftdruck nothwendig geringer ist.

Pascal hatte grade keine Gelegenheit diese Idee auf die Probe zu stellen, er schrieb daher am 15. Nov. 1647 an seinen Schwager Perier zu Clermont, und bat denselben einmal zu versuchen, ob nicht auf der Spitze des Puy-de-Dôme, an dessen Fuß Clermont liegt, das Barometer niedriger stehe als in der Stadt. Perier fand sich dazu bereit und führte den Versuch mit vieler Umsicht aus. Er rektificirte sich 16 Pfund Quecksilber, füllte damit zwei 4 Fuß lange Glasröhren, die an dem einen Ende zugschmolzen waren, kehrte sie in dem übrigen Quecksilber um, versah sie mit einer Papierskala und verglich sie mit einander. Beide zeigten ihm 26" 3,5". Nun übergab er das eine Rohr dem Pater Chastin, um es den ganzen Tag über zu beobachten, und mit dem andern begab er sich am 19. Sept. 1648 auf die Spitze des etwa 3000 Fuß

hohen Puy-de-Dôme. Zu seiner und seiner Begleitung großer Verwunderung zeigte es hier nur $23'' 2'''$, also $3'' 1,5'''$ weniger.

Er wiederholte die Beobachtung an mehreren Punkten des Berges, und als er wieder unten ankam, hatte er wiederum $26'' 3,5'''$ denselben Stand, den auch Pater Chastin während der ganzen Zeit an seinem Instrument wahrgenommen hatte.

Der Erfolg dieses Versuches, den Perier nicht versäumte sogleich seinem Schwager zu melden, brach nun der Lehre vom Horror vacui, wenigstens in den Augen der Einsichtsvollen, ein- für allemal den Stab. Vom 19. Sept. 1648 an konnte kein Vernünftiger mehr an die Existenz des Luftdrucks zweifeln, obgleich es später immer noch Ungläubige gegeben hat, die sich nicht von der alten Lehre trennen konnten, von dem lütticher Professor Franz Linus (§ 208) an bis herab zum Freiherrn v. Driberg (gest. 1856) auf Protzen bei Fehrbellin, der noch im J. 1843 tausend Dukaten und 1844 das Doppelte demjenigen zugesagt hat, der ihn vom Luftdruck überführen könne. Der Preis ist noch zu gewinnen!

Pascal beschrieb den Versuch seines Schwagers schon im J. 1648 in einer Flugschrift betitelt: *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs etc.*, Paris 1648, und zog daraus u. A. den richtigen Schluss, daß man mittelst des Barometers den Höhenunterschied zweier Punkte finden könnte, oder richtiger gesagt, daß man dadurch finden könnte, welche Orte gleichen oder verschiedenen Abstand vom Mittelpunkt besäßen, denn zum Höhenmessen fehlten Pascal noch die Regeln. Er wiederholte denn auch den Versuch zu Paris auf dem Thurm St. Jacques de la Boucherie (25 Toisen), und fand ihn sowohl dort wie in hohen Häusern bestätigt.

Er veranlaßte auch, daß in Paris, in Clermont und in Stockholm während der Jahre 1649 bis 51 eine Reihe von Barometerbeobachtungen gemacht wurde, um die Veränderungen des Luftdrucks kennen zu lernen, und dabei

ergab sich auch, daß es nicht direkt die Wärme der Luft sei, welche das Barometer in Bewegung setzt, daß vielmehr die Winde einen entschiedenen Einfluß auf diese Bewegungen haben. Chanut, der stockholmer Beobachter erwähnt auch noch, daß Descartes, der noch kurz vor seinem Ende von diesem Unternehmen erfuhr und selbst daran theilnahm, eine Vorrichtung angab, um die Barometerveränderungen sichtbar zu machen, die aber wegen Ungeschicklichkeit der dortigen Glasbläser nicht ausgeführt werden konnte. Sie bestand darin, daß der obere Theil der Quecksilbersäule durch Wasser ersetzt war.

Pascal entwickelte die Lehre vom Luftdruck vollständig in einem kleinen durch die Klarheit des Vortrags ausgezeichneten Werk: *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, welches schon 1658 geschrieben ist, aber erst 1663 zu Paris, ein Jahr nach seinem Tode, erschien. Er entwickelte darin, wie das Saugen der Kinder an der Mutterbrust, das Schröpfen und andere Vorgänge ebenso gut eine Wirkung des Luftdrucks seien, wie die Erscheinungen bei Pumpen, Spritzen, Hebern und Barometern, die er indess noch nicht mit diesem Namen belegt, obwohl er schon von Thermometern spricht.

Er berechnet die GröÙe des Luftdrucks für eine gegebene Fläche, die er ganz richtig dem Gewicht einer 32 Fuß hohen Wassersäule oder 28 Zoll hohen Quecksilbersäule von derselben Grundfläche gleich setzt, und macht dann daraus einen Schluß auf die GröÙe des Gesamtdrucks der Atmosphäre, welche er $= 8\,283\,889\,440\,000\,000\,000$ Pfund findet. — Verzeihlich ist es wohl, daß er auch die Adhäsion zweier geschliffenen Platten aneinander dem Luftdruck zuschreibt, und die GröÙe dieser Adhäsion für verschiedene Höhen über dem Meere berechnet. Er kannte ja noch keine Luftpumpe.

Dasselbe Werk beschäftigt sich auch mit dem Gleichgewicht der tropfbaren Flüssigkeiten, worin zwar nicht zuerst, aber doch mit großer Klarheit, die Sätze entwickelt

werden, welche von **Stevin** entdeckt waren, was aber **Pascal** wahrscheinlich nicht wußte, namentlich daß der Druck einer Wassersäule auf den Boden eines Gefäßes nur von deren Höhe abhängt.

151. Hätte **Pascal** die physikalische Richtung länger verfolgt, so würde er ohne Zweifel noch Großes in der Wissenschaft geleistet haben, allein mit dem J. 1650 oder schon etwas früher trat eine gänzliche Veränderung mit ihm ein. Durch das Lesen erbaulicher Schriften, und wahrscheinlich auch durch seine unausgesetzten körperlichen Leiden, bildete sich bei ihm die Ansicht aus, daß die Religion allein eine würdige Beschäftigung des menschlichen Geistes sei. Er entsagte nun den Wissenschaften so gut wie gänzlich, und zog sich auch von aller Welt zurück. Ein tragischer Vorfall im Oktober 1654, wo auf der Brücke von Neuilly die Pferde mit ihm durchgingen, und er nur wie durch ein Wunder gerettet wurde, trug viel dazu bei seine Melancholie zu erhöhen.

In dieser Stimmung verfaßte er mehrere religiöse und philosophische Schriften, die aber nur zum Theil auf uns gekommen sind. Bloß einmal zeigte er noch einen Rückfall zu seiner früheren Lieblingswissenschaft, der Mathematik.

Es war die Cykloide, die Kurve, welche ein Punkt der Peripherie eines Rades beschreibt, das auf einer geraden Linie fortrollt, die dazu Veranlassung gab. Schon **Galilei** hatte sich wegen ihrer gefälligen Gestalt, die sie ihm zu Brückenbogen tauglich erscheinen ließ, mit ihr beschäftigt, und seitdem hatten mehrere Mathematiker ihren Scharfsinn an ihr versucht; **Roberval**, **Torricelli**, **Cavalieri**, **Descartes**, auch **Pascal** machte sie zum Gegenstand seines Nachdenkens und fand mehrere Probleme daran, die er 1658 den Geometern unter dem pseudonymen Namen **Amos Dettonville** ¹⁾ vorlegte, und demjenigen einen

¹⁾ Dieser Name ist die anagramm. Versetzung von **Louis de Montalte**, unter welchem er seine *Lettres provinciales* gegen die Jesuiten schrieb.

Preis von respektive 40 und 20 Pistolen zusicherte, der in Jahresfrist die beste und nächst genügende Auflösung dem Mathematiker Carcavi einsenden würde.

Es liefen nur zwei Auflösungen ein, vom Jesuiten Latouere in Toulouse, und dem englischen Mathematiker Wallis. Die erste wurde für ganz ungenügend erklärt, und der letzteren wegen einiger Fehler auch nicht der Preis zuerkannt. Da gab nun Pascal im J. 1659 seine Auflösung selbst heraus unter dem Titel: *Lettres de Mr. Dettonville à Mr. Carcavi*, während er in der Zwischenzeit, im Oktober 1658, unter seinem rechten Namen das geschichtliche des Gegenstandes in der *Histoire de la Roulette*, vielleicht etwas zu partheilich für seine Landsleute, behandelt hatte.

Pascal kündigte der *Academie des mathématiciens de Paris*, wie er die bei seinem Vater sich versammelnde Privatgesellschaft nannte, im J. 1654 noch eine beträchtliche Anzahl von mathematischen Werken an, u. A. eins über das Würfelspiel, aber alle diese Werke sind nie erschienen. Vermuthlich war daran der erwähnte tragische Vorfall die nächste Ursache. Seit jener Zeit lebte er fast wie ein Mönch auf seinem Landgut, nur beschäftigt mit Beten und Lesen der heiligen Schrift, die er nahezu auswendig lernte.

So starb er denn d. 19. August 1662 in dem Alter von 39 Jahren wie sein Geistesverwandter Torricelli, mit dem er auch insofern in Parallele tritt, als er seine berühmteste Idee von einem andern ausführen ließ, er von Perier, Torricelli von Viviani. Pascal's Werke erschienen im Haag und zu Paris 1779 in 5 Bänden, und später 1819 zu Paris in 6 Vol. 8°.

152. Wenden wir uns nun wieder nach Italien. Hier haben wir zunächst noch einen ausgezeichneten Mann zu betrachten, den ich schon als einen Freund und Geistesgenossen von Torricelli nannte, nämlich Bonaventura Cavalieri, nicht Cavaleri¹⁾, geb. 1598 in Bologna, gest. 1647

¹⁾ Von ihm wohl zu unterscheiden ist Antoine Cavalleri, Jesuit und Professor der Mathematik zu Cahors, geb. 1698 zu Bayonne, gest. ums J. 1763.

als Professor der Mathematik in Bologna. Er trat als Jüngling in den Orden der Jesuiten oder Hieronymiten, welcher von Johann Colombinus von Siena gestiftet aber schon 1668 aufgehoben wurde, und nicht zu verwechseln ist mit dem im J. 1540 von Ignatz von Loyola gestifteten Jesuiten-Orden.

Cavalieri zeigte schon früh eine so ausgezeichnete Anlage zur Mathematik, daß seine Ordens-Oberen es für gut fanden, ihn auf die damals so berühmte Universität von Pisa zu schicken. Hier erfreute er sich des Umgangs mit Castelli und Galilei, und machte daneben solche Fortschritte in seinen Studien, daß beide ihm die glänzendsten Erfolge voraussagten.

Im J. 1629 wurde er vom Magistrat in Bologna zum Professor der Mathematik an der dortigen Universität berufen, und schon damals hatte er das Werk ausgearbeitet, welches ihm unter seinen Zeitgenossen einen so großen Ruf verschaffte. Es erschien indeß erst 1635 zu Bologna und zwar unter dem Titel: *Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota*.

Es wird darin gelehrt Flächen und Körper zu messen, wobei Linien als untheilbare Elemente der Flächen, und Flächen als untheilbare Elemente der Körper angesehen werden. In diesem Verfahren, das beiläufig gesagt, sein Freund Torricelli auf die Quadratur der Cykloide anwandte, liegt allerdings eine Ahnung von den Principien der Infinitesimal-Rechnung, als deren Vorläufer man wohl die Methode Cavalieri's betrachtet hat; aber andererseits ist diese Methode wiederum nur eine Abkürzung derjenigen, deren die Alten sich unter dem Namen der Exhaustions-Methode bedienten, die zwar weitläufiger ist, aber dafür auf schärferen Begriffen beruht. Dies machte ihm auch ein Zeitgenosse, der Jesuit Guldin aus St. Gallen (geb. 1577, gest. 1643 zu Gratz) zum Vorwurf, der auch behauptete Cavalieri sei durch das Lesen der Werke Keppler's auf seine Methode geleitet.

Indeß ist dieser Vorwurf nicht ganz gerecht. **Keppler** hatte allerdings in seiner *Stereometria doliorum* etc. 1615 eine Methode beschrieben, die **Cavallieri** kannte, und die auf den ersten Blick Aehnlichkeit mit der des letzteren hat, die aber doch wesentlich von ihr verschieden ist; und was die Alten betrifft, aus denen hier **Cavalieri** nicht geschöpft zu haben scheint, so hat seine Methode, obwohl minder streng, doch den Vorzug der leichteren Anwendbarkeit. Ueberdies trifft **Guldin** ein ähnlicher Vorwurf, wie er dem **Cavalieri** machte, denn die Methode, wodurch er sich eigentlich nur einen Namen in der Geschichte der Mathematik gemacht hat, die **Guldin'sche Regel** zur Bestimmung des Schwerpunkts von Flächen und Körpern, die durch Umdrehung von Linien und Flächen entstehen, findet sich schon im IV. Jahrhundert von **Pappus** beschrieben (§ 3), wozu noch kommt, daß **Guldin** die Werke des **Pappus** häufig citirt, ohne diese Regel irgendwie als dessen Eigenthum zu nennen. Das Theorem selbst, beschrieben in dem Werke **Guldin's**: *De centro gravitatis etc. Viennae 1635*, lautet:

1) Das von einer ebenen begränzten Fläche, die sich um eine in ihrer Ebene liegende Axe dreht, beschriebene Volumen ist gleich dem Produkt aus dieser Fläche mit dem von ihrem Schwerpunkt durchlaufenen Kreise, oder $V = 2\pi y, F$, wenn V das Volumen, F die Fläche und y , die Ordinate des Schwerpunkts bezeichnet.

2) Die von einem ebenen Kurvenbogen, der sich um eine in seiner Ebene enthaltenen Axe dreht, erzeugte Fläche ist gleich diesem Bogen, multiplicirt mit dem von seinem Schwerpunkt beschriebenen Kreise, oder $F = 2\pi y, B$, wo F die Fläche, B den Bogen, y , die Ordinate des Schwerpunkts bedeutet.

Uebrigens soll auch **Galilei** den *Calculus indivisibilium* erfunden haben¹⁾, wovon indeß nichts auf uns gekommen

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. en Italie IV, 288.

ist. Cavalieri bezeugt in einem Brief an Galilei vom J. 1626, daß er sein Werk, welches schon 1626 vollendet war, nur zurückhalte, um Galilei Zeit zu lassen, das seinige zu publiciren.

In nähere Beziehung zur Physik tritt Cavalieri durch zwei Werke: *De speculo ustorio* 1632, und *Exercitationes geometricae*, Bonon. 1647. Das letztere sichert ihm einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Physik, denn hierin giebt er zuerst die vollständige Lösung des Problems, die Brennweite jeder konvexen oder konkaven Linse zu finden. Keppler war dies nur für die plankonvexe und gleichseitige bikonvexe Linse gelungen (§ 74); dagegen beschränkte sich Cavalieri auf die Brennweiten, d. h. auf die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen, die Vereinigungsweiten überhaupt wurden erst später gefunden.

153. Da mich Cavalieri auf die Optik geführt hat, so kann ich nicht unterlassen, hier seinen Mitbürger Grimaldi (§ 132) näher zu betrachten. Ich habe denselben schon bei Riccioli namhaft gemacht, aber damals seine optischen Leistungen nur beiläufig erwähnt, um die Entwicklung der Fortschritte in der Mechanik nicht zu unterbrechen. Grimaldi lebte gleichzeitig mit Cavalieri in Bologna. Beide waren Geistliche, ersterer Jesuit, letzterer Jesuat, beide kultivirten die Optik, aber während Cavalieri die mathematische Richtung verfolgte, schlug Grimaldi den experimentellen Weg ein.

Cavalieri hat unstreitig seine Verdienste, allein wenn man zwischen beiden abwägen will, so muß man bekennen, daß der Ausschlag sehr bedeutend auf Seiten Grimaldi's neigt, denn er hat die Lehre vom Licht mit Thatssachen bereichert, die wirklich epochemachend sind und wirklich Epoche gemacht haben würden, wenn ihre Entdeckung in eine andere Zeit gefallen wäre; sie theilte aber das Schicksal aller der Entdeckungen, die zu früh kommen, sie ging spurlos an den Zeitgenossen vorüber und der bescheidene Mann, der nicht einmal wagte, sie bei seinen Lebzeiten

zu veröffentlichen, wurde vergessen, bis ihn die neueste Zeit ehrenvoll ins Gedächtniß zurückrief.

Die Entdeckungen, auf die ich hier anspiele, sind die wichtigen der Diffraction oder Inflexion, Lichtbeugung, und der Dispersion oder Farbenzerstreuung, die obwohl Andeutungen von ihnen schon früher vorkommen, doch unbedenklich Grimaldi zugeschrieben werden müssen, und die zwei Jahr nach seinem Tode in dem Werke: *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bononiae 1665* veröffentlicht worden sind.

Was zunächst die Lichtbeugung betrifft, für welche Grimaldi den noch heute üblichen Namen Diffraction gebraucht, so hat er sie durch folgenden einfachen Versuch dargethan. Er ließ Licht durch eine kleine Oeffnung in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers auf einen schmalen Körper fallen, und fing den durch letzteren gebildeten Schatten mit einer weißen Tafel auf. Wenn das Licht sich bloß gradlinig fortpflanzt, so würde man von dem aufgestellten Körper einen Kernschatten, und daneben jederseits einen Halbschatten erhalten.

Grimaldi bemerkte nun, daß der gesammte Schatten bedeutend größer sei, als er bei gradliniger Fortpflanzung des Lichts sein müßte, also der physische Schatten beträchtlich breiter ist als der geometrische, den man berechnen kann; daß außerhalb des physischen Schattens helle und dunkle Streifen sichtbar sind; daß die hellen Streifen in der Mitte farblos sind, nach dem Schatten hin aber blane und von ihm abwärts rothe Ränder haben, und daß diese Streifen desto breiter werden, je weiter man sie vom Körper entfernt auffängt. Bei lebhaftem Sonnenlicht und nicht zu großer oder zu kleiner Breite des Körpers erblickt man auch innerhalb des Schattens solche Streifen, die wie alle übrigen dem Rand des Körpers parallel laufen, also grade sind, wenn es der Körper auch ist.

Einen andern hierher gehörigen merkwürdigen Versuch beschreibt Grimaldi in Propos. XXII seines Werkes.

Diese *Propositio* ist überschrieben: Ein erleuchteter Körper kann dunkler werden, wenn zu dem Lichte, welches er empfängt, noch neues Licht hinzutritt. — Das ist derselbe Satz, den *Arago* in neuerer Zeit so oft ausgesprochen und paradoxer ausgedrückt hat: Licht zu Licht addirt giebt Finsterniß!

Der Versuch ist folgender: Zwei Löcher in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers nahe an einander angebracht, geben zwei Lichtkegel, die einander zum Theil übergreifen, und mit einer weissen Karte aufgefangen werden. Jeder Lichtkegel für sich aufgefangen giebt eine weisse Scheibe, die in der Mitte heller ist als am Rande, der Rand erscheint schattirt, zeigt aber bei genauer Betrachtung eine röthliche Farbe.

Fängt man beide Kegel zugleich auf und in solchem Abstände, daß sie einander zum Theil übergreifen, so bemerkt man, daß die Mitte des von den übergreifenden Rändern eingeschlossenen Raumes heller ist, als die beiden Reste der Kreisflächen, und daß die den hellen Mittelraum begränzenden Bogenstücke auffallend dunkel sind. Nähert man die Karte den Löchern, so werden die Bogen röthlich, entfernt man sie, so werden diese noch dunkler.

Versuche ganz gleicher Art, wie die eben erwähnten, sind in neuerer Zeit von den beiden grossen Physikern *Thomas Young* und *Fresnel* angestellt, um die fast vergessene *Undulationstheorie* des Lichts wieder in ihre Rechte einzusetzen, und das daraus hervorgehende Princip der gegenseitigen Einwirkung der Lichtstrahlen, das *Interferenzprincip*, welches umgekehrt eine so schöne Bestätigung der *Undulationstheorie* abgiebt, damit zu erweisen.

Auch *Grimaldi* hatte eine Ahnung von der wellenartigen Fortpflanzung des Lichts, aber er konnte noch nicht mit sich ins Reine kommen, und war keineswegs im Stande sich genügende Rechenschaft von den beobachteten Erscheinungen zu geben. Aber auf dem Wege dahin war er, das geht aus nachstehender Aeußerung hervor, die er der Beschreibung des ersten Versuchs folgen läßt:

So wie sich, sagt er, wenn man einen Stein in's Wasser wirft, um diesen wie um einen Mittelpunkt kreisförmige Erhöhungen des Wassers bilden, grade so entstehen um den Schatten des undurchsichtigen Gegenstandes jene glänzenderen Streifen, die sich nach Verschiedenheit der Gestalt des letzteren entweder in die Länge ausbreiten oder gekrümmt erscheinen. Und so wie jene kreisförmigen Wellen nichts anderes sind als angehäuftes Wasser, um welches sich auf beiden Seiten eine Furche hinzieht, so sind auch die glänzenden Streifen nichts anderes, als das Licht selbst, das durch eine heftige Zerstreuung ungleichmäßig vertheilt, und durch schattige Intervalle getrennt wird. So wie endlich die kreisförmigen Wasserwellen breiter werden, wenn sie sich mehr von dem Quell ihrer Erregung entfernen, ebenso bemerken wir dasselbe an den glänzenden Streifen, je weiter sie von dem Anfang ihrer Erregung abstehen ¹⁾.

Aehnlich spricht sich Grimaldi auch über den zweiten Versuch aus, und überhaupt zieht sich die Idee, daß das Licht aus einer feinen Flüssigkeit bestehe, die in wellenförmiger Bewegung, in einer fluitatio, undulatio, agitatio, volutatio befindlich sei, durch das ganze Werk hin.

Ein anderer merkwürdiger Versuch, der ganz in die Klasse der eben beschriebenen gehört, ist der in Propositio XXIX (p. 231) überschrieben: *Lumen non coloratum aliquando coloratur per solam reflexionem* — *ungefärbtes Licht wird mitunter durch bloße Reflexion gefärbt*. — Es ist ganz der schon bei Deschales erwähnte Versuch, in welchem aber Grimaldi die Priorität gebührt (§ 134), nämlich der Versuch, bei welchem Sonnenlicht in einer dunklen Kammer von einer mit feinen Ritzten überzogenen Metallplatte reflektirt, und die zurückgeworfenen Strahlen auf einer weißen Tafel aufgefangen werden, auf welcher sie Farben zeigen. Diese verdanken ihre Entstehung eben-

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 326.

falls der Diffraction oder Inflexion, als deren Entdecker in dieser Gestalt Grimaldi ebenfalls betrachtet werden muß.

Grimaldi setzt auch auseinander, daß ähnlicher Natur die Farben seien, die man bei Reflexion des Lichts von einem feinen Silberdraht bemerkt, von den Spinnfäden, an den Federn des Taubenhalses u. s. w.

Aus diesen Beispielen wird erhellen, daß Grimaldi das Phänomen der Diffraction unter mannichfacher Gestaltung und bis in seine Einzelheiten sorgfältig, wenn auch nicht grade erschöpfend studirte. Er muß daher mit Recht als Entdecker der Diffraction angesehen werden, und dieses Recht ist ihm nicht streitig zu machen dadurch, daß schon vor ihm eine Andeutung von dem Phänomen beobachtet wurde. Eine solche Andeutung sah nämlich der als Maler und Bildhauer so berühmte **Leonardo da Vinci**, der mit seinem hohen Kunstgenie ein nicht minder bewundernswerthes Talent zur Naturforschung verband.

Wie wir jetzt aus seinen nur zum Theil gedruckten Manuskripten wissen, hat derselbe allerdings einen Fall von Diffraction beobachtet. Er ließ nämlich Sonnenlicht durch eine schmale Spalte in ein finsternes Zimmer treten, und sah nun diese Spalte gleichmäßig erleuchtet und von gleicher Breite. Als er darauf zwischen der Spalte und dem Auge einen Gegenstand quer davor hielt, bemerkte er, daß sich das Bild der Spalte in der Nähe der beiden Ränder des Gegenstandes bedeutend zusammenzog¹⁾. — Dies ist die Beobachtung von **Leonardo**. Wir finden nicht, daß er die Streifen oder Fransen an oder in dem Schatten bemerkt, oder das Phänomen irgend wie weiter verfolgt oder zu erklären gesucht hätte; wir können ihm daher auch noch nicht um diese vielleicht zufällige und jedenfalls von ihm vernachlässigte Beobachtung die Entdeckung der Diffraction zuschreiben, diese kann Niemand anders als Grimaldi zuerkannt werden.

¹⁾ Libri, Hist. etc. III, 234.

154. Anders verhält es sich mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung; hier ist die Entscheidung etwas zweifelhaft. Allerdings hat Grimaldi die Ausbreitung der Strahlen bei der prismatischen Refraktion zuerst beobachtet; denn als er Sonnenstrahlen durch ein Prisma gehen ließ und das Bild mit einer weißen Tafel auffing, fand er dieses nicht nur an den Rändern gefärbt, sondern auch beträchtlich in die Länge gezogen. Diese Ausbreitung der Strahlen ist unstreitig seine Entdeckung; wie andererseits das Auftreten der Farben in dem durch ein Prisma gegangenen Licht schon lange vor ihm beobachtet ist. Es fragt sich, ob man ihm darum die Entdeckung der Dispersion zuschreiben könne?

Wenn nur derjenige darauf Anspruch hat, der zuerst eine genügende Ansicht von der Ursache jener Strahlenausbreitung aufstellte, so hat Grimaldi keinen auf die Dispersion. Denn wiewohl er offenbar viel über das Phänomen nachgedacht hat, dasselbe in seinem Werke weitläufig bespricht, ja sogar einmal sagt, daß ein Theil des Lichtstrahls stärker gebrochen werde als ein anderer, so kommt er doch nicht zu einer klaren Vorstellung oder einem entschiedenen Resultat.

Ich bin der Meinung, daß man die Entdeckung der Dispersion als Thatsache gerechterweise Grimaldi nicht streitig machen kann, wiewohl man andererseits Newton die Ehre lassen muß, zuerst eine bis jetzt genügende Theorie für das Phänomen gegeben zu haben. Aber vorgearbeitet hat hier Grimaldi dem großen Briten, und das nicht bloß hier bei der Dispersion, sondern überhaupt bei der Frage über das Wesen der Farben. Grimaldi bleibt auch bei dieser Frage in seiner gewohnten Dunkelheit und Unentschiedenheit stecken, aber es geht doch aus vielen Stellen seines Werkes hervor, daß er die Farben oder Farbenstrahlen nicht als etwas verschiedenes vom Licht betrachtet, daß er sie vielmehr als Bestandtheile des farblosen Lichts angesehen wissen will; daß er ferner die sogenannten eigenen Farben der Körper nicht als eine

Eigenschaft ansieht, welche diese auch im Dunkeln besitzen, sondern als eine solche, die sie erst durch das Licht bekommen.

Das alles sind Ansichten, die man bestimmter ausgesprochen bei Newton wieder findet oder finden kann. Aber in anderer Rücksicht weicht er doch sehr von Newton ab, und nähert sich in seinen Ansichten der Undulationstheorie. Er hält es für wahrscheinlich, daß die Farben aus einer Aenderung der Art und Geschwindigkeit der Bewegung entspringen, daß die Verschiedenheit der Farben ebenso durch Erzitterungen eines feinen Fluidums, die mit ungleicher Geschwindigkeit das Auge afficiren, bewirkt werde, wie die Verschiedenheit der Töne durch Luftschwingungen von ungleicher Geschwindigkeit.

Ueberhaupt sieht man deutlich aus dem ganzen Werk, wie ich schon bemerkte, daß Grimaldi die Idee von einer wellenartigen Fortpflanzung des Lichtes vorschwebte, und daß er nur nicht so glücklich war dieselbe auszubilden. Einen deutlichen Beweis davon liefern seine Versuche, das Phänomen der Refraktion zu erklären. In der That, wenn man die bei dieser Gelegenheit in der Physico-Mathesis gegebenen Holzschnitte ansieht, muß man überrascht werden von der Aehnlichkeit der Figuren mit denen, welche unsere neuesten Lehrbücher der Physik enthalten. Es sind gradezu dieselben!

Man glaubt schon, Grimaldi habe nun die Undulationstheorie. Wenn man aber den daneben stehenden Text mit Aufmerksamkeit liest, so findet man bald, daß der Verfasser auf halbem Wege stehen geblieben ist. Er spricht vom Lichtstrahl nicht als von einer bloß geometrischen Linie, sondern nimmt einen physischen Lichtstrahl an, ein Strahlenbündel, das immer noch eine gewisse obgleich sehr geringe Dicke hat, und worin man noch einzelne Elementarstrahlen unterscheiden kann. Wenn nun ein solches Strahlenbündel in schiefer Richtung auf eine brechende Fläche fällt, so können, sagt Grimaldi, die einzelnen Elementarstrahlen nicht alle gleichzeitig auf der Fläche anlangen,

die unteren werden schon eine gewisse Strecke in das neue Medium eingedrungen sein, wenn die oberen in der Trennungsfläche angelangt sind.

Das ist ganz die Betrachtung unserer heutigen Undulationstheorie. Nun sagt Grimaldi weiter: In dem brechenden Mittel, wenn es dichter als die Luft ist, schreitet das Strahlenbündel langsamer vor als in der Luft. Das ist wieder ein Hauptdogma der Undulationstheorie, wodurch sie sich von der Emissionslehre unterscheidet. Vermöge dieser geringeren Geschwindigkeit rückt der zuerst in das brechende Mittel eingetretene Strahl langsamer vor als der obere noch in der Luft befindliche des betrachteten Bündels. Auch dies ist ganz richtig und konform der Undulationstheorie; aber wie nun weiter? wodurch wird der Strahl gebrochen oder geknickt? Da weiß sich Grimaldi nicht anders zu helfen, als durch Hypothesen, die ihm selbst ganz unwahrscheinlich vorkommen, und den Vorgang unangeklärt lassen.

Aus diesem Allen ersieht man, daß Grimaldi auf dem Wege war die Undulationstheorie aufzufinden, aber nicht zum Ziele gelangte, in ähnlicher Weise, wie von Keppler an bis Newton wohl mehr als einer auf den Gedanken kam, die Bewegung der Himmelskörper durch eine gegenseitige Anziehung derselben zu erklären, es aber nicht verstand diesen fruchtbaren Gedanken bis zur vollendeten Gravitationstheorie auszuarbeiten.

Göthe¹⁾ behandelt in seiner Farbenlehre Grimaldi offenbar nicht ganz gerecht, wenn er von ihm sagt: Man sehe, daß der Verfasser der Physico-Mathesis in allen Subtilitäten der Dialektik geübt sei, daß seine Darstellungsweise problematisch ja ironisch sei, welches einer so ernsten folgerechten Arbeit eine ganz wunderliche Wendung gebe.

Wahr ist es freilich, daß Grimaldi im ersten Buch seines Werks auf 472 Quartseiten 60 Propositionen beibringt, um zu beweisen, daß das Licht substantiell sei,

¹⁾ Sämmtliche Werke in 6 Bdn., Farbenlehre VI, 869.

worauf er im zweiten Buch auf 63 Quartseiten diese Meinung wieder so modificirt, daß es schließlich unentschieden bleibt, welches seine Ansicht ist. Allein ich glaube, wir haben dieses Hin- und Herschwanken nur als einen Beweis seiner eigenen Unschlüssigkeit anzusehen, die ihn auch wohl abgehalten haben mag, das Werk bei seinen Lebzeiten herauszugeben. Unmöglich hätte Grimaldi seinen Gegenstand mit solchem Ernst und solcher Ausdauer verfolgen können, wenn es ihm nicht redlich um Ergründung der Wahrheit zu thun gewesen wäre.

Geschichte der Akademien.

155. Bereits das Alterthum zeigt uns ein Institut, auf welches wir den Namen einer Akademie in dem jetzt gebräuchlichen Sinne übertragen können. Es ist dies das Museum zu Alexandrien, welches etwa 250 Jahre v. Chr. von dem kunst- und prachtliebenden Ptolemaeus Philadelphus gegründet und von seinen Nachfolgern gepflegt, Aegypten auf viele Jahrhunderte, selbst die ganze Römerherrschaft hindurch bis zum Einbruch der Araber, zu einem Sitz von griechischer Gelehrsamkeit gemacht hatte.

Dies alexandrinische Museum war eine Akademie in unserm Sinne, ein Verein von Gelehrten, welche bloß für die Erweiterung und Vervollkommnung der Wissenschaften thätig sein sollten. Indessen scheint es, daß mindestens später eine hohe Schule damit verbunden wurde, und einzelne Personen hier durch den Umgang mit den Akademikern ihre Bildung erst erhielten. Besonders ruhmvoll für die alexandrinische Schule ist das Andenken, welches sie in der Mathematik hinterlassen hat. Drei der ersten Mathematiker des Alterthums lebten und wirkten hier: Euklid, der Vater der Geometrie, aus Alexandrien gebürtig, um 300 v. Chr.; Apollonius aus Perga in Pamphylien, 200 v. Chr., bekannt durch seine schönen Untersuchungen über die Kegelschnitte; Diophantus, muthmaßlich im IV. Jahrhundert n. Chr., der Urheber der unbestimmten Analysis, vielleicht der Algebra. Nicht minder ausgezeichnet für

Alexandrien sind: **Eratesithenes** aus Cyrena, 275 vor unserer Zeitrechnung lebend, durch seinen Versuch, die Größe der Erde durch eine Gradmessung zu bestimmen, berühmt. **Ptolemaeus**, 70 n. Chr. zu Pelusium in Aegypten geboren, der ausgezeichnete Geograph und Urheber des nach ihm benannten und viele Jahrhunderte hindurch für richtig gegoltenen Sonnensystems, zugleich auch Verfasser einer Optik, die schon dadurch merkwürdig ist, daß in ihr Versuche, nämlich Versuche zur Bestimmung der Refraktion beschrieben werden, da sonst den Alten das Experiment unbekannt war. Auch **Hypatia** (gest. 415 n. Chr.), die Tochter des Mathematikers **Theon**, Verfasserin eines Kommentars zum Appollonius und eines anderen zum Diophant, sowie **Synesios** (gest. 410 n. Chr.), Erfinder eines Astrolabiums, lebten und lehrten in Alexandrien.

Nach dem Muster des alexandrinischen Museums wurden zwar anfangs von den Juden des Orients, dann von den Nestorianern und den Arabern mehrere kleine Anstalten gegründet, die aber doch nur gelehrte Schulen waren und keine akademischen Institute.

Mit mehr Recht läßt sich der Name Akademie auf die Gelehrten-Vereine übertragen, welche verschiedene Wissenschaft liebende Fürsten des Mittelalters um ihre Person versammelten. Eine solche Hof-Akademie gründete **Karl der Große** auf Betrieb seines Lehrers **Alcuin**, eines Engländers, der 736 zu York geboren ist, und 804 als Abt von St. Martin in Tours starb. Karl selbst war Mitglied dieser Akademie, deren Zweck auf die Verbreitung literarischer Kenntnisse und die Verfeinerung der deutschen Sprache gerichtet war.

Ein zweites Beispiel solcher Akademie gab der Mongolen-Chan **Ulug-Beg**, ein Enkel des berühmten Eroberers **Tamerlan**, welcher im J. 1430 auf Veranlassung seines Lehrers **Salaheddin** eine Anzahl der ausgezeichnetsten Astronomen des Orients an seinen Hof berief, und durch sie mehrere für die Zeit recht werthvolle Messungen und Beobachtungen ausführen liefs.

Endlich gehört auch zu den Stiftern solcher Institute Kaiser Rudolph II. (reg. von 1576 — 1612), der seine Hofburg zu Prag in eine alchemistisch-astrologische Akademie verwandelte, jedoch auch der Astronomie reellen Vorschub leistete, indem er Männer wie Tycho Brahe und Keppler berief und unterstützte, obgleich den Letzten nur kärglich.

Diese drei Institute waren indess eigentlich nur zu Nutz und Frommen ihrer Stifter gegründet, und gingen daher auch sogleich mit deren Tode wieder ein. Auch war keins dieser Institute unseren physikalischen Wissenschaften gewidmet, denn das alchemistische Treiben Kaiser Rudolphs hatte nicht die Förderung chemischer Kenntnisse, sondern nur die Füllung seiner erschöpften Kassen zum Zweck.

156. Die erste Idee zu eigentlichen wissenschaftlichen Akademien, die Gründung gelehrter Vereine nach heutigem Zuschnitt, bestimmt zur Erweiterung und Ausbreitung aller auch der Naturwissenschaften, stammt aus Italien, der Wiege der neuuropäischen Kultur. Italien ist die Heimath der Akademien, hier sind sie wie Pilze aus der Erde geschossen. Es gab eine Zeit, wo man deren allein in der Stadt Mailand 25 zählte, und die Summe aller, die ins Leben traten, freilich mitunter nur auf kurze Zeit, schlägt man auf nicht weniger als 550 an.

So zahlreich sie waren, so seltsam und wunderlich waren auch die Namen, die viele derselben gewählt hatten. Da gab es eine *Acoademia eccentrica*, *Acc. degl' infiammati*, *Acc. degli ardenti*, *Acc. degl' illuminati*, *A. dei tenebrosi*, *A. dei lunatici* (Mondsüchtigen), *-insipidi*, *-acerbi*, *-acuti*, *-offusi*, *-oscuri*, *-oziosi* etc. Natürlich waren dies nicht alles Akademien von der Art, wie wir sie gegenwärtig in den meisten Hauptstädten Europas antreffen. Es waren vielmehr Privatgesellschaften, die sich zu artistischen, literarischen, humanistischen und wissenschaftlichen Zwecken gebildet hatten, ähnlich denen, wie wir auch im lieben Deutschland wohl eine Legion aufzuweisen haben.

Die wenigsten dieser italienischen Akademien waren auf Naturforschung gerichtet, und eine noch geringere Zahl hatte sich die Förderung des physikalischen Studiums zum Ziel gesetzt. Unter diesen ist, wenn man einen schwachen Versuch von *Leonardo da Vinci* in Mailand ausnimmt, die von *Porta* im J. 1560 zu Neapel gegründete *Academia secretorum naturae* die erste (s. § 59). Dies war eigentlich eine physikalische Gesellschaft, in welche keiner aufgenommen wurde, der nicht eine Entdeckung oder sonst eine physikalische Neuigkeit mitzutheilen im Stande war. Sie hatte aber leider keinen langen Bestand. Der päpstliche Stuhl besorgend, daß die Verbreitung der Naturkenntnisse die katholischen Glaubenslehren untergraben könnte, machte den Sitzungen dieser ersten naturwissenschaftlichen Akademie schon nach wenigen Jahren ein Ende. Auf Betrieb eines Franzosen, dem sich *Porta* verfeindet hatte, wurde *Porta* der Magie und Giftmischerei angeklagt, hauptsächlich weil er über die Hexensalbe *lamiarum unguentum* geschrieben hatte. Er mußte nach Rom wandern, um sich gegen die Anklage zu rechtfertigen und konnte von Glück sagen, daß er frei gesprochen wurde. Aber seine Akademie blieb aufgelöst, ohne daß irgend eine erhebliche Leistung aus ihrem Schoße hervorgegangen wäre.

Demnächst wäre zu nennen die *Academia Telesiana* oder *Cosentina*, deren Zweck aber weniger auf Naturforschung gerichtet war, als auf Widerlegung der Irrthümer des *Aristoteles*. Sie wurde gestiftet von *Bernhard Telesius*, geb. 1509 zu Cosenza und gest. 1588 zu Neapel. Er hatte das Unglück bei der Eroberung Roms durch *Carl V.* 1527 in Gefangenschaft zu gerathen, in welcher er 14 Jahre gehalten wurde. Nach seiner Befreiung studirte er in Padua und lehrte später Philosophie in Neapel. Seine Schriften, hauptsächlich metaphysischen und naturphilosophischen Inhalts, sind ausgezeichnet durch ihre Opposition gegen *Aristoteles*, und verschafften ihm einen großen Ruf. Er nahm statt der 4 Elemente nur 2 an, Wärme und Kälte.

Die im J. 1603 vom Fürsten Cesi zu Rom gegründete *Accademia dei Lyncei* oder Luchs-Akademie, weil sie sich den Luchs oder vielmehr dessen scharfes Auge zum Symbol genommen hatte, in welcher auch Galilei einige Vorträge hielt, war nicht allein auf Förderung des Naturstudiums, sondern auch auf die der Kunst und Literatur gerichtet.

Noch weniger kann die *Accademia della Crusca* zu Rom für eine physikalische Gesellschaft gelten, obwohl Torricelli darin einige Vorlesungen gehalten hat. Denn diese Akademie hatte sich die Reinigung der italienischen Sprache, die Säuberung derselben von der Kleie (*Crusca*) zum Hauptgegenstand gesetzt. Daher finden wir denn auch auf dem Titel der 1715 gedruckten Vorlesungen Torricelli's eigends von den Censoren dieser Akademie attestirt, daß sich keine Sprachfehler darin befinden! ¹⁾

Accademia del Cimento.

157. Erst 15 Jahre nach Galilei's Tode gestalteten sich die Umstände zu Florenz so günstig, daß wieder an eine physikalische Gesellschaft oder Akademie gedacht werden konnte. Was speciell zu derselben Veranlassung gab, ist nicht genau bekannt, aber im Allgemeinen lassen sich die gründenden Elemente leicht angeben. In Florenz lebte noch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Männern, die Galilei und Torricelli persönlich gekannt, den Unterricht derselben genossen hatten, und dadurch zur Nach-eiferung angespornt worden waren. Dazu kam, daß der Großherzog Ferdinand II., unter dem Galilei die merkwürdigen Begegnisse mit dem römischen Stuhl erlebt hatte, sowie dessen Bruder der Fürst Leopold von Medici den physikalischen Wissenschaften zugethan waren. Beide sollen sogar, wenn man den gleichzeitigen Schriftstellern trauen darf, verschiedene Instrumente theils erfunden, theils verbessert haben. Was war also natürlicher, als daß unter ihrer Aegide eine Akademie zu Stande kam, welohe aus-

¹⁾ Kästner, Gesch. d. Math. III, 461.

schliesslich die physikalischen Wissenschaften zum Ziel-
punkt ihres Strebens machte.

Einige Geschichtsschreiber, namentlich Tirabeschi lassen gradezu den Fürsten Leopold den ersten Gedanken zu einer physikalischen Akademie fassen, und den Großherzog Ferdinand II. schon im J. 1651 den Entwurf zu einer solchen machen. Ich kann dies nicht verbürgen, aber soviel ist gewiss, daß die Akademie erst 6 Jahre später ins Leben trat. Der 19. Juni 1657 war der Stiftungstag der neuen Akademie, die den Namen *Accademia del Cimento*, Akademie des Versuchs, erhielt, weil sie sich zur Aufgabe gestellt hatte, die Natur alleinig auf dem Wege des Experiments zu ergründen.

Wenige Akademien haben ihre Aufgabe so schön verstanden als eben diese, von der man mit Recht gesagt hat, es sei mit ihr der Geist Galilei's wieder aus seiner Asche emporgestiegen. Es schien für unsere Wissenschaften eine neue glänzende Epoche für Italien hereinbrechen zu wollen, aber leider sollte es sich nur zu bald bestätigen, daß Fürstengunst allein eine gar wandelbare Stütze ist. Denn dieselben Medici, die dieses Asyl der Wissenschaft mit so vielem Eifer begründet hatten, ließen es ebenso schnell wieder fallen, verkauften es gleichsam an Rom, weil dieses darauf bestand, nur unter Bedingung der Auflösung der Akademie dem Fürsten Leopold den begehrten Kardinalshut verleihen zu wollen.

Leopold willigte ein, er bekam den Purpur und die *Accademia del Cimento* sank ins Grab. Es war im J. 1667, also nur ein Decennium nach der Stiftung der Akademie, daß Rom auch diesen unwürdigen Sieg errang.

158. Die *Accademia del Cimento* bestand nur aus wenigen Mitgliedern; ihre Zahl überstieg nicht die der Musen, aber diese kleine Schar war im Ganzen eine auserlesene. In dieser Beziehung hat die Geschichte nur ein Seitenstück zu dieser Akademie aufzuweisen, nämlich die *Société d'Arcueil*, die Gesellschaft, die sich im J. 1807 konstituierte und ihre Versammlungen im Landhause des älteren

Berthollet zu Arcueil bei Paris hielt. Auch diese Gesellschaft bestand wenigstens anfangs nur aus 9 Mitgliedern von der Elite der pariser Akademie, und sie wurde nach einem Decennium ebenfalls aufgelöst, freilich nicht durch die Ränke der Hierarchie, sondern auf freien Entschluß der Mitglieder.

Gewiß haben beide Gesellschaften sehr Bedeutendes für die Wissenschaft geleistet, und es würde wohl schwer sein zu entscheiden, welcher von ihnen, absolut genommen, der Vorrang darin gebühre. Aber relativ in Bezug auf die gleichzeitigen Leistungen anderer Physiker, war die Thätigkeit der Acc. del Cim. eine weit hervorragendere. Auch noch in anderer Hinsicht steht sie nicht allein über der Societé d'Arcueil, sondern über den meisten der bisherigen Akademien und gelehrten Gesellschaften. Denn während bei diesen nur höchst selten von einem wahrhaften Zusammenwirken auf ein gemeinsames Ziel die Rede ist, hat die Acc. del Cim. ein Beispiel von Einigkeit des Strebens aufgestellt, wie es, wenigstens in der Geschichte der Physik, nicht wieder anzutreffen ist.

Ihre Mitglieder standen gleichsam Alle für Einen, keiner hat sich genannt bei den Untersuchungen, die sie vermuthlich alle gemeinsam anstellten. Die Resultate derselben sind nur unter dem Namen der Akademie veröffentlicht, und so kann wenigstens das größere Publikum gegenwärtig nicht wissen, welchen Antheil die einzelnen Mitglieder an dieser oder jener Forschung genommen haben. Die Frucht ihrer gemeinschaftlichen Thätigkeit erschien als ein Quartband zuerst in italienischer Sprache unter dem Titel: *Saggi di naturali sperienze fatte nell' Accademia del Cimento*, Firenze 1667, dann 1692. Die Dedikation an den Großherzog datirt vom 14. Juli 1667. Eine vermehrte und verbesserte Edition gab heraus Targione Tozzetti im J. 1780.¹⁾

¹⁾ Tiraboschi, Storia della lett. ital. VIII, 356.

Später besorgte der holländische Physiker Musschenbroek davon eine lateinische Uebersetzung betitelt: *Tentamina experimentorum naturalium captorum in Accademia del Cimento, Lugd. 1731*, welche in unseren Bibliotheken häufiger angetroffen wird als das Originalwerk.

Eine noch neuere Ausgabe der Saggi nebst Supplement aus dem Diario verdanken wir dem Großherzog Leopold II. von Toskana, welcher 1859 dem Thron entsagte. Derselbe hat durch diese Ausgabe, nicht minder wie durch seine Sorge für die Erhaltung der Handschriften Galilei's, ein redendes Zeugniß seiner Begeisterung für jene glorreiche Zeit der Mediceer an den Tag gelegt. Er hat die Saggi sehr splendid auf seine Kosten 1841 drucken, und unter die im Sept. 1841 zu Florenz versammelten italienischen Naturforscher vertheilen lassen. In den Buchhandel ist diese Ausgabe nicht gekommen, ich habe indeß Gelegenheit gehabt sie zu benutzen. Sie ist berichtigt und vermehrt nach den in der großherzogl. Bibliothek aufbewahrten handschriftlichen Originalen. Dasselbst wird auch das Tagebuch der Akademie aufbewahrt, aus welchem man nun genau ersehen konnte, was und wieviel jeder Akademiker zu den gemeinschaftlichen Arbeiten beitrug.

Das Werk erregte zur Zeit seines ersten Erscheinens ungemeines Aufsehen. In Frankreich, England, Deutschland und selbst bei den Einsichtsvollen Italiens wurde es mit Enthusiasmus aufgenommen; aber es scheuchte auch die Feinde der freien Naturforschung auf, um wo sie konnten, ihre giftigen Pfeile auf dasselbe herabzuschleusen, und wohl sagt Antinori, der Verfasser der neuen Ausgabe, mit Recht: Unsere Akademie starb wie eine unglückliche Mutter an dem ersten Kinde, das sie gebar.

Die Versammlungen der Akademie wurden in dem Palast des Fürsten Leopold gehalten, der regelmäßig den Sitzungen beiwohnte und großen Antheil an den Verhandlungen nahm.

Mitglieder der Acc. del Cimento.

159. Was nun die persönlichen Verhältnisse betrifft, so waren die Namen der neun Akademiker in alphabetischer Ordnung genommen folgende¹⁾: 1) Giovanni Alfonso Borelli; 2) Candido del Buono; 3) Paolo del Buono; 4) Lorenzo Magalotti; 5) Alessandro Marsili; 6) Antonio Oliva (Uliva); 7) Francesco Redi; 8) Carlo Renaldini; 9) Vincenzo Viviani.

Giovanni Alfonso Borelli ²⁾, geb. 1608 zu Castel nuovo im Neapolitanischen, und gest. zu Rom 1679 im Kloster St. Pantaleone. Schon im frühen Jünglingsalter ging er nach Rom, um dort Philosophie und Mathematik unter Castelli zu studiren, bei welchem auch Torricelli und Cavalieri ihre Schule machten. Nach vollendeten Studien wurde er Professor der Mathematik in Messina, wo er u. A. ein schätzbares Werk über die pestartige Krankheit schrieb, die in d. J. 1647 u. 1648 Sicilien verheerte. Obwohl er in Messina sehr geehrt ward, nahm er doch im Febr. 1656 die ihm angebotene Professur in Pisa an, und bald darauf erwählte man ihn auch zum Mitglied der Acc. del Cimento.

Er war eine Hauptzierde dieser Akademie, und ein großer Theil der Arbeiten, namentlich der über den Luftdruck, stammt von ihm her. Bei Gelegenheit der Untersuchung der Akademie über die Geschwindigkeit des Lichts erdachte er eine Vorrichtung, in welcher durch einen Spiegel, der mit einem Uhrwerk verbunden war, einem Lichtstrahl eine konstante Richtung gegeben wurde. Borelli ist also Erfinder des für viele optische Untersuchungen so wichtigen Heliostats.

¹⁾ Tiraboschi, Storia VIII, 354 u. f.; Nelli, Saggio di Stor. lett. fior.; auch Antinori in den Saggi von 1841.

²⁾ Nicht zu verwechseln mit Pierre Borel, Leibarzt von Ludwig XIII., Verf. des Werkes: *De vero Telescopii inventore 1655*; auch nicht mit Willem Boreel, holländ. Gesandten in Paris, auf dessen Anrathen Borel dieses Buch schrieb (s. § 79).

Nach Aufhebung der Akademie im J. 1667 nahm er seinen Abschied in Pisa und kehrte nach Messina zurück. Allein, da er sich 1674 in den dortigen Aufstand mit verwickelte, mußte er landesflüchtig werden. Er zog nun wieder nach Rom, wo er eine zeitlang Unterstützung von Seiten der damals hier anwesenden Königin Christine von Schweden bezog, später aber in große Dürftigkeit gerieth, und zuletzt in Elend starb.

Das war das Ende eines Mannes von hohem Talent, der wohl ein besseres Schicksal verdient hätte, und es auch bei füsamerem, minder ungestümen und leidenschaftlichen Charakter würde gefunden haben. Eben diese Leidenschaftlichkeit verwickelte ihn zuletzt in einen Streit mit dem sanften Viviani, der, wenn er auch nicht die hauptsächlichste Ursache zur Auflösung der Akademie gewesen ist, doch gewiß viel zu deren Verfall beigetragen hat.

Borelli's Thätigkeit war nicht allein auf die Acc. del Cim. beschränkt. Er hat außerdem an 13 verschiedene Werke verfaßt, mathematischen, astronomischen, physikalischen und physiologischen Inhalts, zum Theil von großer Wichtigkeit und alle für die Zeit höchst ausgezeichnet. Die bedeutendsten darunter möchten wohl folgende sein: *Theoria mediceorum planetarum ex causis physicis deducta, Florentiae 1666*. Unter allen, die vor Newton daran gedacht haben, daß die Bewegung der Himmelskörper durch eine gegenseitige Anziehung derselben erzeugt oder unterhalten werden könnte, hat wohl Borelli diese Idee in dem eben genannten Werke am klarsten ausgesprochen, ohne jedoch im Stande zu sein diese Idee bis zur Gravitationstheorie auszubilden.

Ferner: *De vi percussionis et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus*. Es erschien zu Reggio 1670. Fürst Leopold hatte gewünscht es den Saggi einverleibt zu sehen, allein Borelli war nicht davon abzubringen, es für sich und unter seinem Namen erscheinen zu lassen.

Ein noch jetzt berühmtes Werk: *De motu animalium* ist die Frucht vieljähriger Untersuchungen, die er erst am Abend seines Lebens zusammenstellte. Er bot es im Dec. 1679, als er sich schon in großer Dürftigkeit in Rom befand, der Königin Christine von Schweden an, die sich auch dazu verstand die Kosten des Drucks zu übernehmen. Kaum war es aber angefangen, als Borelli am 31. Dec. verschied; es erschien erst nach seinem Tode im J. 1680 zu Rom und Bd. II zu Leyden 1685.

160. Die Gebrüder Del Buono, deren es drei gab, nämlich Anton Maria, Candido und Paolo, stammten aus einer alten und berühmten florentinischen Familie, und zeichneten sich sämmtlich aus durch Kenntnisse und Talent zur Mechanik und Physik. Dessen ungeachtet wurden nur die beiden letzteren zu Mitgliedern der Akademie gezählt, obwohl Anton Maria auch theilnahm an einigen Arbeiten derselben, und sein Erfindungstalent durch eine Vorrichtung bewährte, von der ich später noch reden werde (§ 166).

Wir haben hier also nur Candido und Paolo zu betrachten. Candido, der ältere von beiden, war geb. zu Florenz 1618 und starb als Landdechant zu Campoli im Val di Pesa 1676. Er war wie Paolo noch ein Schüler von Galilei, und hatte sich dem geistlichen Stande gewidmet. Seinen Beruf zum Akademiker bewährte er durch Erfindung verschiedener Instrumente: 1) eine Wasseruhr, die Viviani lobt; 2) eine Vorrichtung zum Auffangen der aus Flüssen aufsteigenden Gase; 3) Vorrichtung zum Messen des Drucks der Flüssigkeiten auf Quecksilber und Vergleich ihres spec. Gewichts; 4) Vorrichtung zum Messen der Zusammendrückung der Luft; 5) Vorrichtung zum Komprimiren des Wassers, welche Tiraboschi (VIII. 357) wohl mit Unrecht dem Paolo zuschreibt.

Nach Magalotti's Zeugniß soll Candido auch dieselbe Methode zum Messen der Durchmesser des Saturns und seines Ringes aufgefunden haben, die der berühmte Huyghens einige Jahre darauf beschrieb.

Candido war also, wie man sieht, im wahren Sinne des Wortes ein Akademiker del Cimento. Nicht so läßt sich dies sagen von **Paolo**, der eigentlich nur dem Namen nach der Akademie angehörte. Als der Fürst Leopold ihn wegen seiner Kenntnisse und Talente zum Mitglied ernannte, befand er sich auf Reisen in Deutschland, wohin er sich schon 1655 begeben hatte. Seine Ernennung geschah wohl in der Hoffnung, daß er nach Florenz zurückkehren würde, und wirklich bezeugte **Paolo** großen Enthusiasmus, als er erfuhr, welche neue Epoche für die physikalischen Wissenschaften in seinem Vaterlande eröffnet war.

Allein er hatte zu Wien, wo er sich damals aufhielt, schon zu feste und vortheilhafte Verbindungen angeknüpft, als daß er sie auflösen konnte. Er wurde kaiserl. Mathematiker und Direktor der kaiserl. Münze in Wien. Mit seinem später noch zu erwähnenden Schüler **Montanari** (§ 181) machte er verschiedene Reisen in die Bergwerksdistrikte von Ungarn, Böhmen, Steiermark und anderen Provinzen der österreichischen Monarchie. Wann er gestorben, ist ungewiß. Nach **Nelli**, dem Biographen **Galilei's**, wäre er 1662 in Wien gestorben, nach **Boulliau** in Warschau. Er war 7 Jahr jünger als **Candido** und wäre demnach 1625 geboren.

Kann nun gleich **Paolo** in Wahrheit kein Mitglied der Akademie genannt werden, obwohl er für solches gilt, so war er doch ein thätiger Korrespondent derselben. Er stand mit dem Fürsten Leopold in lebhaftem Briefverkehr und berichtete alles, was er an physikalischen Merkwürdigkeiten und Neuigkeiten in Deutschland und der österreichischen Monarchie gesehen hatte. Bemerkenswerth darunter ist die Nachricht von einer Linse aus Eis, die man zu Wien verfertigt hatte und von einer anderen aus Diamant, die daselbst, wie es scheint auf Bestellung des Großherzogs Ferdinand II. geschliffen wurde. Zu Wien stellte auch **Paolo** gemeinschaftlich mit **Montanari** Versuche an über das künstliche Ausbrüten von Hühnereiern, wo-

mit sich vier Jahre früher auch der Großherzog Ferdinand II. beschäftigt hatte (§ 168).

161. **Lorenzo Magalotti**, der Sohn des Grafen Orazio Magalotti und der Francesca Venturi, wurde 1637 in Rom geboren und starb 1712 in Florenz. Nachdem er im Jesuitenkollegium zu Rom seine Studien vollendet hatte, wo Oliva und Fabri seine Kameraden waren, bezog er 1656 die Universität Pisa, wo er unter der Leitung von Viviani solche Fortschritte in den mathematischen und physikalischen Wissenschaften machte, daß dieser ihn im J. 1660 dem Fürsten Leopold zum Sekretär vorschlug, da das Sekretariat durch den Abgang von Alessandro Segni, dem Privatsekretär des Fürsten, erledigt war.

Magalotti eignete sich vorzüglich zu diesem Amt, denn er verband mit seiner Gelehrsamkeit eine Gewandtheit des Benehmens, eine Beredsamkeit und Leichtigkeit der Feder, wie sie nur selten angetroffen werden. Nicht allein, daß er seine Muttersprache mit Eleganz schrieb, sprach er auch französisch, spanisch und englisch, ja er verstand sogar arabisch und türkisch. Daher konnte auch keinem besser als ihm die Abfassung der Saggi, d. i. der Denkschriften der Akademie anvertraut werden. Man rühmt diese Saggi wegen ihrer eleganten Darstellung.

Neben seinen persönlichen Eigenschaften verdankt er wohl seinem Stande, daß er am Hofe des Großherzogs wohl gelitten war. Mit dem Fürsten Cosimo III., der 1670 seinem Vater Ferdinand II. in der Regierung folgte, machte er eine Reise nach Frankreich und England, wo er u. A. mit dem berühmten Robert Boyle enge Freundschaft schloß, die seinerseits so weit ging, daß er versuchte, wiewohl vergebens, diesen ausgezeichneten Naturforscher für die allein selig machende Kirche zu gewinnen.

Wie groß der Antheil war, den Graf Magalotti an den experimentellen Arbeiten der Akademie nahm, ist nicht bekannt, man kennt von ihm nur: *Lettere scientifiche ed erudite*, ein Werk, das nach seinem Tode 1721 zu Florenz erschien. Fünf Jahr vor seinem Tode wurde er

zum auswärtigen Mitglied der Londoner Gesellschaft erwählt.

Alessandro Marsili, geb. 1601 zu Siena, gest. zwischen 1669 und 1671 zu Pisa. Er stammte aus einer patricischen Familie und war wohl der schwächste Akademiker, wenigstens sagt der Biograph Nelli, daß er in der neueren Physik nicht sehr bewandert war und seine Versuche ihm selten glückten.

Antonio Oliva (Uliva) war dagegen wieder ein ausgezeichnetes Mitglied, wenigstens ein sehr fähiger Kopf. Was seinen Charakter und seine Moralität betrifft, so werden uns diese freilich von seinem Landsmann dem Literarhistoriker Tiraboschi nicht grade in einem günstigen Licht dargestellt, allein man darf nicht vergessen, daß dieser als Geistlicher und Jesuit wohl einiges Interesse daran hatte, ihn schwärzer zu malen als er wirklich war, um so leichter über sein Ende hinweggehen zu können. Oliva nämlich begab sich nach Aufhebung der Akademie nach Rom, fiel dort in die Hände der Inquisition und machte, um den Qualen der Tortur zu entgehen, durch einen Sturz aus dem Fenster des Gefängnisses seinem Leben ein Ende, etwa 1668. Er war zu Reggio in Calabrien geboren.

Francesco Redi aus einem gräflichen Geschlecht, geb. zu Arezzo 1626, gest. zu Pisa 1694. Er widmete sich zu Pisa den philosophischen und medicinischen Studien, nach deren Beendigung er bald als Arzt einen solchen Ruf bekam, daß der Großherzog Ferdinand II. und nach dessen Tode sein Sohn Cosimo III. ihn zum Leibmedikus wählten.

Als Mediciner, Naturhistoriker, Physiolog, ja als gründlicher Kenner der italienischen Sprache und Dichter, hat er großen Ruf erlangt, daher er auch Mitglied vieler italienischen Akademien u. A. der Acc. della Crusca war; als Physiker wissen wir weniger von ihm, obwohl es gewiß ist, daß er an den Arbeiten unserer Akademie sehr thätigen Antheil nahm.

Carlo Rinaldini (Rinaldini) geb. zu Ancona 1615, wurde, nachdem er unter den Päpsten Urban VIII. und Innocenz X. als Ingenieur funktioniert hatte, im J. 1649 zum Professor primarius an der Universität Pisa berufen. Nach seinem Eintritt in die Acc. del Cim. gab er auch dem Prinzen Cosimo, dem nachmaligen Großherzog, Unterricht in der Mathematik. Als 1667 die Akademie aufgelöst wurde, nahm er unter dem Vorwand, daß das Klima von Pisa ihm nicht zuträglich sei, dort seinen Abschied, um einem Ruf nach Padua zu folgen. Hier war er als Prof. der Mathematik und Philosophie in ausgezeichnete Wirksamkeit bis zum J. 1698, wo er sich nach seiner Vaterstadt Ancona zurückzog, und dort am 18. Juli desselben Jahres starb. — Er war ein ausgezeichnetes Mitglied der Akademie, und hat außer dem Antheil an den Saggi seine Thätigkeit durch eine beträchtliche Anzahl philosophischer und mathematischer Werke bezeugt.

162. **Vincenzo Viviani**, der neunte Akademiker, war geb. 1622 zu Florenz, aus einem alten patricischen Geschlecht, und starb 1703 in seiner Vaterstadt. Er zeigte schon frühzeitig eine große Anlage zur Mathematik. Kaum, daß er die ersten Elemente dieser Wissenschaft inne hatte, als er es auch schon ohne Hülfe eines Lehrers soweit brachte, das 4te Buch des Euklid lesen und verstehen zu können.

Voll Begierde noch tiefer in die Geheimnisse der Geometrie einzudringen, suchte er Zutritt zu Galilei zu bekommen. Dieser, damals schon erblindet, nahm den wißbegierigen Jüngling liebevoll auf und faßte bald eine solche Zuneigung zu ihm, daß er ihn wie seinen Sohn behandelte, und ihn mit dem ganzen Schatz seines reichen Wissens unterrichtete. Diese Theilnahme fiel bei Viviani auf einen fruchtbaren Boden, denn nicht allein, daß er sehr bald durch eigene Leistungen sich des genossenen Unterrichts würdig erwies, füllte sich sein Herz mit einer so innigen wahrhaft kindlichen Verehrung für seinen greisen Lehrer,

daß er zeitlebens seinen größten Stolz darein setzte, sich den letzten Schüler Galilei's nennen zu dürfen.

Nach Galilei's Tode 1642 fand Viviani in Torricelli einen zweiten Lehrer und Freund, dem er in seinen experimentellen Arbeiten an die Hand ging, wie ich dies schon bei Gelegenheit der Erfindung des Barometers bemerkt habe.

In einem Alter von kaum 23 Jahren begann Viviani sich durch eigene Forschungen hervorzuthun. Es sind freilich Forschungen mathematischer Natur, die uns ferner liegen, aber die Umstände, welche sie begleiten, haben doch so viel Interesse, dass ich mir nicht versagen kann sie hier als ein Beispiel von dem Scharfsinn Viviani's kurz auseinander zu setzen.

Das berühmte Werk des Apollonius von Perga in Pamphylien (240 v. Chr.) über die Kegelschnitte, bekanntlich ein Meisterwerk der Geometrie der Alten, lernten die abendländischen Christen erst gegen die Mitte des XV. Jahrhunderts durch arabische Manuskripte kennen. Regiomontanus (Joh. Müller), unser Landsmann, beabsichtigte eine lateinische Uebersetzung, ward aber durch seinen frühen Tod 1476 daran verhindert. Nunmehr besorgte der Venetianer Memmius eine schlechte Uebersetzung, die endlich im J. 1566 durch eine bessere von Commandino (§ 54) ersetzt wurde. Es waren aber nur 4 Bücher, die man übersetzt hatte, weil das arabische Manuskript deren nicht mehr enthielt; man wufste jedoch, daß Apollonius acht Bücher geschrieben hat. Dies erregte unter den Mathematikern des XVI. Jahrhunderts die Begierde, durch eigene Forschungen die fehlenden Bücher zu ersetzen.

Einen ersten Versuch der Art machte Maurolykus in Messina, dessen ich früher in der Geschichte der Optik ehrenvoll gedacht habe, und nun war es Viviani, der sich die Lösung dieser Aufgabe vorgenommen hatte. Während er sich im Stillen damit beschäftigte, brachte der Jesuit Golius eine große Masse arabischer Manuskripte aus dem Orient nach Florenz, und darunter auch, wie er selbst im

J. 1644 an Pater Mersenne berichtete, die sieben ersten Bücher des Apollonius. Golius scheint die Absicht gehabt zu haben die Manuskripte zu übersetzen, allein es kam nicht dazu, und der große literarische Schatz blieb vergraben in der öffentlichen Bibliothek zu Florenz liegen.

Man fuhr fort die vier letzten Bücher des Apollonius als verloren zu betrachten, bis im J. 1656 Borelli so glücklich war in der Bibliothek zu Florenz das Golius'sche Manuskript zu entdecken. Er überzeugte sich bald, daß es mehr enthielt als die bisherigen Uebersetzungen, und da er sehr für die Geometrie der Alten eingenommen war, erbat er sich vom Großherzog die Gunst dasselbe zu übersetzen oder übersetzen lassen zu dürfen. Diese Bitte wurde ihm gewährt, und so nahm er 1658 das Manuskript mit nach Rom, um es dort, da er selbst des Arabischen unkundig war, von einem maronitischen Geistlichen Abraham Ecchellensis (Abramo Eckellense) ins Lateinische übertragen zu lassen.

Viviani hörte von dieser Begebenheit, ließ sich aber dadurch nicht abschrecken, sondern fuhr fort an seinem Werke zu arbeiten, und brachte es durch angestrengten Fleiß dahin, daß es 1659 im Druck erschien. Erst zwei Jahre darauf, also 1661 wurde die lateinische Uebersetzung des arabischen Manuskripts vollendet und gedruckt. Man hatte nun Gelegenheit das Originalwerk mit Viviani's Divination zu vergleichen, und siehe da, der Vergleich fiel höchst ehrenvoll für Viviani aus! Hatte er gleich einige der schwierigsten Aufgaben, die Apollonius behandelt, nicht in Betracht gezogen, so stimmte er doch in anderen vollkommen mit ihm überein, und in noch anderen hatte er den Gegenstand sogar allgemeiner aufgefaßt, als der griechische Geometer.

Man könnte wünschen, daß Viviani durch diesen glücklichen Erfolg, der ihm so großen Ruhm unter seinen Zeitgenossen verschaffte, sich zu einer ähnlichen Arbeit für das achte Buch des Apollonius ermuthigt gefunden hätte, denn dieses findet sich in dem von Golius über-

brachten Manuscript nicht. Dasselbe enthält, wie oben erzählt, nur die sieben ersten Bücher, das achte ist noch heutigen Tages für uns verloren.

Indeß unternahm Viviani eine ähnliche Arbeit in Betreff eines Werkes, das Aristaens, ein Zeitgenosse Euklid's, etwa 300 v. Chr. unter dem Titel: *De locis solidis* geschrieben hat und von Pappus genannt wird, aber nicht auf uns gekommen ist. Es war dies sogar der erste Versuch Viviani's auf dem Gebiete der divinatorischen Geometrie, den er schon in seinem 28. Jahre begann, aber durch andere Studien und Geschäfte davon abgehalten, erst im späten Greisesalter wieder aufnahm, und das Werk im J. 1701 wirklich vollendete. Auch diese Arbeit legte ein glänzendes Zeugniß von Viviani's Kenntniß und eleganter Behandlung der Geometrie ab, allein da bisher das Originalwerk von Aristaens unbekannt geblieben ist, so kann man nicht beurtheilen, in wie weit er die Ideen des alten Geometers erräthen hat.

Seine Vorliebe für die Geometrie der Alten und seine große Gewandtheit in derselben hat Viviani noch in einem dritten Fall bekundet, der sehr dazu beigetragen hat, seinen Ruf unter den gleichzeitigen Mathematikern des Auslandes zu erhöhen.

Unter der pseudonymen Unterschrift:

a Pio Lisici pusillo geometra,

der Versetzung von

a postremo Galilei discipulo,

gab er folgende Aufgabe:

Es habe im alten Griechenland einen der Geometrie geheiligten Tempel gegeben, der sei mit einem halbkugelförmigen Dom überwölbt gewesen, und in diesem Dome haben sich vier Fenster mit solcher Kunst ausgeschnitten befunden, daß der Rest der Oberfläche genau quadrirbar gewesen sei.

Viviani wandte sich mit dieser Aufgabe hauptsächlich an die neueren Analysten, obwohl er, wie er sagte, keineswegs zweifle, daß sie durch ihre geheime Kunst, womit er den damals eben erfundenen Infinitesimalkalkül meinte,

die Lösung bald finden würden. Darin hatte er sich denn auch nicht geirrt, denn sehr bald wurde die Lösung der Aufgabe gefunden von Leibnitz, Jakob Bernoulli in Deutschland, vom Marquis de l'Hôpital in Frankreich, und von Wallis sowie David Gregory in England. Diese Lösungen waren insgesamt vollständig und zum Theil sehr allgemein, aber alle wichen an Eleganz vor der, welche Viviani im J. 1692 in einer kleinen Schrift zu Florenz veröffentlichte.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich alle Arbeiten und Begegnisse Viviani's in Extenso mittheilen wollte; ich will daher nur erwähnen, daß er im J. 1662 vom Großherzog Ferdinand II. den Auftrag bekam das Val di Chiana an der Gränze des Kirchenstaates zu untersuchen, und Vorschläge zur Entwässerung desselben zu machen. Viviani begegnete in diesem Unternehmen dem berühmten Astronomen Domenico Cassini, der von Seiten des Papstes zu gleichem Zwecke abgesandt war. Viviani's Bericht ist noch vorhanden, er scheint aber entweder nicht zulänglich oder nicht ausführbar gefunden zu sein, denn bis in die neueste Zeit ist die Aufgabe, den Versumpfungen jenes Thales und den Ueberschwemmungen des Chiana-Flusses ein Ziel zu setzen, wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen.

Im J. 1666 wurde Viviani erster Mathematiker des Großherzogs und dadurch Nachfolger Galilei's und Torricelli's, in welcher Stellung er bis an sein Ende verblieb, ebenso geliebt von denen, die ihm näher standen, als geachtet und geehrt vom Ausland. Ein Zeugniß hiervon giebt seine Erwählung zum auswärtigen Mitglied sowohl der Royal Society in London, als der Pariser Akademie der Wissenschaften, welcher letzteren Ludwig XIV. noch eine Pension hinzufügte.

Viviani benutzte diese Pension auf eine Weise, die seinem Herzen große Ehre macht. Er ließ damit in Florenz ein Haus erbauen, welches bis auf die Inschrift, die seinen Dank gegen den königlichen Geber ausdrückte, ein

ausschließliches Monument für Galilei war. Er ließ darin eine Bronze-Büste des von ihm so hoch verehrten Lehrers aufstellen und die Zimmer mit vortrefflichen Basreliefs verzieren, welche die hauptsächlichsten Erfindungen und Entdeckungen desselben veranschaulichten.

In Aufforderung des Fürsten Leopold schrieb Viviani eine biographische Notiz über Galilei, welche zwar schätzbare Nachrichten über den großen Mann enthält, aber auch deutlich zeigte, wie wenig er es wagen durfte seine wahre Ueberzeugung auszusprechen. Nicht allein, daß in dieser Biographie die meisten auf das Urtheil der Inquisition bezüglichen Thatsachen verschwiegen sind, war er genöthigt zu erklären, daß, wenn Galilei einige Neigung gezeigt die Bewegung der Erde zu vertheidigen, dies daher gekommen sei, weil, nachdem er durch seine bewundernswürdigen Entdeckungen bis zum Himmel emporgestiegen, die ewige Vorsehung zugelassen habe, daß er durch seine Irrthümer sich wieder der menschlichen Natur anschliese.

Viviani verschied am 22. Sept. 1703 im 81. Jahre seines Lebens. Man begrub ihn in der Kirche Santa Croce neben seinem geliebten Lehrer. Dort lagen seine Gebeine bis zum J. 1735, wo man ein prachtvolles Marmormausoleum errichtete, und darin seine Ueberreste vereinigte mit denen des großen Mannes, für den er bis zum letzten Athemzug eine so rührende Anhänglichkeit bewahrt hatte.

163. Dies wären nun die neun ordentlichen Mitglieder der Accademia del Cimento. In einigen Werken ist noch von einem zehnten die Rede, nämlich von Francesco Aggiunti, den Lalande nach Nelli als Entdecker der Kapillarität nennt. Dieser soll Leibarzt des Großherzogs Ferdinand II., und nicht nur Mitglied, sondern sogar Stifter der Akademie gewesen, trotzdem aber schon 1653 gestorben sein.

Bei diesen Angaben waltet indess ein dreifacher Irrthum ob. Fürs Erste führte dieser Aggiunti, dem nicht mit Sicherheit die Entdeckung der Kapillarität zugeschrie-

ben werden kann, nicht den Vornamen *Francesco*, sondern *Nicolò*. Dann war er nicht Leibarzt des Großherzogs Ferdinand II., sondern Professor der Mathematik an der Universität zu Pisa, obwohl er einige Zeit als Literat am Hofe lebte, und zweien der Prinzen von Medici Unterricht ertheilte. Endlich starb er nicht 1653, sondern 1635 im 35. Jahre seines Lebens, denn er war im J. 1600 zu Borgo di San Sepolcro in Toskana geboren ¹⁾. Selbst wenn er 1653 gestorben wäre, hätte er nicht Mitglied der Akademie sein können, da diese erst 1657 gegründet wurde; um so weniger kann man ihm also diese Mitgliedschaft zuschreiben, da er notorisch schon 1635, sieben Jahre vor Galilei's Tod, gestorben ist, wo an die Akademie noch gar nicht gedacht wurde.

Uebrigens soll dieser *Aggiunti* nach dem Zeugniß des Senators Nelli, eines der Biographen Galilei's, ein sehr talentvoller Mann gewesen sein, und in einem nicht edirten Manuscript: *Un libro di speculazione e di sperienze fisiche* verschiedene werthvolle Versuche über das Eis, das Pendel und andere Gegenstände beschrieben haben. Galilei hielt große Stücke auf ihn.

Er stellte Beobachtungen an über das Gefrieren des Wassers für sich und mit Salzen gemischt, konstruirte ferner einen Apparat um auszumitteln, ob Wasser beim Gefrieren sich zusammenziehe oder ausdehne, wobei er letzteres fand, wie schon Galilei aus dem Schwimmen des Eises auf Wasser geschlossen hatte. Das Pendel suchte er zur Bestimmung des Widerstandes der Luft und des Wassers zu benutzen. Auf seinen Antheil an der Entdeckung der Kapillarität werde ich später zurückkommen.

Statt des *Aggiunti*, der sicher kein Mitglied der Akademie war, wird von Targione Tozzetti, Antinori und Anderen noch Carlo Dati als solcher genannt. Dieser war ein florentiner Patricier, der 1675 im 50. Lebensjahre starb, ein Mann von ausgezeichnetem Verstande, großer

¹⁾ Tiraboschi, Storia etc. VIII, 369.

Gelehrsamkeit und ehrenhaftem Charakter, was u. A. daraus hervorgeht, daß er sehr vortheilhafte Anerbietungen der Königin Christine und Ludwigs XIV. ausschlug, um sich seinem Vaterlande zu erhalten. Er bekleidete in Florenz die Professur der griechischen Sprache, und war also eigentlich Philolog.

Er nahm indess auch lebhaften Antheil an den Naturwissenschaften. Durch seine Bemühungen wurde das älteste mineralogische Werk der Italiener vom Untergang gerettet, das Manuskript der *Metallothea* von Michele Mercati, das später 1717 gedruckt wurde.¹⁾ Aus den Protokollen der Akademie scheint hervorzugehen, daß er theilnahm an den Sitzungen und Arbeiten, ob er aber ein eigentliches Mitglied war ist doch zweifelhaft, auch kennt man keine physikalische Arbeit, die von ihm allein herrührt.

164. Außer den neun ordentlichen Mitgliedern, Accademici operatori, hatte die Akademie auch Korrespondenten, theils Italiener, theils Ausländer. Zu den Italienern gehören Ricci, Cassini, Montanari, Rossetti, Falconieri; zu den Ausländern Stenone, Thévenot, Fabri.

Michel Angiolo Ricci, der schon früher erwähnte Freund Torricelli's, ward geb. 1619 in Rom und starb daselbst 1682 als Kardinal. Er war sehr bewandert in der damaligen Physik, und schrieb selbst im J. 1666 ein mathematisches Werk: *Exercitatio geometrica*. Wegen seiner Gelehrsamkeit und gründlichen Kenntniß der italienischen Sprache erschien fast kein Werk von Bedeutung, das man ihm nicht vorher zur Begutachtung vorlegte. Dati, Viviani und Magalotti machten ihn zum Richter ihrer Werke, und selbst die Saggi der Akademie wurden ihm auf des Fürsten Leopold Wunsch vor dem Druck zur Einsicht übergeben. Er gab 1668 das erste italienische Journal heraus, welches den Titel: *Giornale dei letterati* führte, und bis 1675 dauerte.

¹⁾ Tiraboschi, Storia VII, 900; Marx, Gesch. d. Mineralogie 85.

Auf **Domenico Cassini** und **Montanari** werde ich später noch zurückkommen (§ 181, 244). Von **Falconieri** ist nichts Erhebliches zu berichten.

Rossetti war römischer Prälat und Freund und Schüler von **Borelli**. Er bestritt mit Recht den Satz, daß die Flüsse keinen Druck gegen das Ufer ausüben, welchen **Fabiano Michelini** (geb. 1592, gest. 1666), Prof. der Mathematik zu Pisa, in dem von ihm verfaßten Werk: *Della direzione dei fiumi, Firenze 1664*, aufgestellt hatte. **Michelini** und später **Torricelli** waren die Lehrer des Fürsten **Leopold** in der Mathematik.

Nicolò Stenone, den die Italiener auch wohl **Steno** nennen und halbwegs zu den ihrigen zählen, daher sein Leben auch von dem berühmten Biographen **Fabroni** in seinem *Vitae Italorum etc.* beschrieben wird, war ein Däne von Geburt, und hieß aller Wahrscheinlichkeit nach **Steen**, d. h. Stein. Der Name **Stenone** ist vermuthlich daraus entstanden, daß er sich selbst in seinen lateinisch geschriebenen Werken zuweilen **Stenonis filius** nennt.

Dieser **Stenone** oder **Steen** war schon ein ausgezeichnete Anatom und Physiolog, als er von Paris kommend in Florenz im J. 1666 anlangte, versehen mit einem Empfehlungsschreiben von **Thévenot**, dem zweiten oben genannten Korrespondenten, der mit **Borelli** in Briefwechsel stand.

Seine Talente und Kenntnisse verschafften ihm bald die allgemeinste Achtung der florentiner Gelehrten, und nicht lange dauerte es, daß er vollständig unter sie einbürgerte, indem er, von Hause aus ein Lutheraner, seinem Glauben entsagte und zur katholischen Kirche überging. Vermuthlich war es auch in Folge dieses Glaubenswechsels, daß der Großherzog **Ferdinand II.** ihn in seine Dienste nahm und gestattete, daß er im Spital **S. Maria nuova** seine anatomischen Untersuchungen fortsetzen konnte. Er war, wie alle Konvertiten, ein eifriger Katholik, und schrieb viele Bücher über Glaubenssachen. Dafür wurde er vom Papst zum Titularbischof von **Titiopolis** in Griechenland

gemacht, später auch zum apostolischen Vikar des Nordens, in welcher Eigenschaft er eine Reise nach Schweden machte.

Während seines langen Aufenthaltes in Italien war Stenone sehr thätig für die Wissenschaft, doch ging auch in dieser Thätigkeit eine Umwandlung mit ihm vor, indem er sich später von der Anatomie und Physiologie abwandte, und auf die Mineralogie und Geologie warf, eine Wissenschaft, die das Schicksal gehabt hat, späterhin und zum Theil noch jetzt, ebenso vom päpstlichen Stuhl verfolgt zu werden, wie zu Galilei's Zeit die Astronomie.

Wir haben von Steno über die Geologie ein Werk, das für die Zeit ein höchst ausgezeichnetes genannt werden muß, welches sogar erlaubt seinen Verfasser als den Gründer dieser Wissenschaft anzusehn. Es führt den Titel: *Nic. Stenonis Dissertationis prodromus de solido intra solidum naturaliter contento, Florentiae 1669.* Das Werk ist lange vergessen worden, bis es im J. 1831 durch den berühmten französischen Geologen E. de Beaumont wieder ans Licht gezogen ward. Derselbe hat davon in den Ann. des Sciences nat. XXV, 337 einen ausführlichen Auszug gegeben, woraus hervorgeht, daß Steno die Erscheinungen, aus welchen die neueren Geologen auf frühere sehr mächtige Umwälzungen auf unserer Erdrinde schlossen, sehr genau beobachtet und zu deren Erklärung ähnliche Ansichten aufgestellt hat, wie wir sie heut zu Tage für nothwendig halten.

Er bemerkt, daß die Erdrinde, so weit sie untersucht ist, aus parallel übereinander abgelagerten Schichten besteht, daß diese Schichten, zumal wenn sie Ueberreste von organischen Gebilden enthalten, nur aus Flüssigkeiten abgesetzt sein können, und daß sie demgemäß ursprünglich alle horizontal gelegen haben müssen. Nun zeigt er, daß diese Schichten aber bei Weitem nicht alle mehr horizontal liegen, daß sie meistens in schiefer ja zuweilen in aufrechter Stellung vorkommen, daß man sie häufig

dureheinander geschoben und verworfen findet. Daraus schließt er, daß eine spätere Ursache auf die Schichten eingewirkt haben müsse, und diese Ursache findet er in dem in Italien so offenkundig sich äussernden Vulkanismus.

Gleich den neueren Geologen nimmt Steno Perioden der Ruhe an, wo das Land bis zu den höchsten Bergspitzen mit Meer überdeckt war, und sich neue Schichten aus den Gewässern absetzten, und Perioden konvulsivischer Thätigkeit, wo die gebildeten Schichten mannichfach verschoben wurden, Einstürze und Gebirgserhebungen erfolgten. Solcher Perioden glaubte er für Etrurien oder Toskana allein sechs unterscheiden zu müssen.

Es ist merkwürdig zu sehen, wie Steno bei diesen Deduktionen, die sein Verstand als richtig erkennen liefs, mit seinem Gewissen in Konflikt gerieth. Er glaubte es beschwichtigen zu können, indem er zu beweisen vermeint, daß seine Ansichten keineswegs in Widerspruch stehen mit der mosaischen Schöpfungsgeschichte. Indefs hat ihn doch die Nothwendigkeit, darauf bedacht zu sein, nichts der Bibel widersprechendes vorzutragen, sehr sichtlich in der Entwicklung seiner Vorstellungen eingeschüchtert, und gewiß wäre er zu noch allgemeineren Resultaten gelangt, wenn er unbekümmert um Nebenrücksichten den Weg der Naturforschung weiter verfolgt hätte.

Allein schon in der Beschränkung, die er sich entweder aus eigener Ueberzeugung oder durch die Macht der Zeitverhältnisse gezwungen auferlegte, ist es gewifs, daß bis auf den berühmten Werner kein Geolog seine Wissenschaft aus einem so fruchtbaren Standpunkt ergriffen, keiner so viele später wieder bestätigte Ansichten in dieselbe zuerst eingeführt hat, als eben unser Steno oder Stenone. Darum glaubte ich bei ihm hier etwas länger verweilen zu müssen und will nur noch hinzufügen, daß, wiewohl das Geologische in Steno's Werk den wichtigeren Theil ausmacht, dasselbe auch noch mineralogische oder krystallographische Betrachtungen enthält, die für die Zeit recht merkwürdig sind.

Er spricht ausführlich von den Doppelpyramiden des Bergkrystalls, den Würfeln des Schwefelkieses, den Oktaedern des Diamants, den sechsseitigen Tafeln des Eisenglanzes u. s. w., und bemerkt dabei ausdrücklich, daß wenn auch an verschiedenen Krystallindividuen einer Species die Flächen mehr oder weniger groß, die Ecken vielleicht verschoben erscheinen, dennoch die Winkel, welche die Flächen miteinander bilden, einen konstanten Werth behaupten ¹⁾).

Nach diesen richtigen und einflußreichen Beobachtungen muß man sehr bedauern, daß eine andere Schrift, in der er diesen Gegenstand weiter zu behandeln verspricht, niemals erschienen ist. — So weit von Steno, der als Korrespondent gewiß der Acc. del Cimento Ehre machte. Weniger ausgezeichnet waren Thévenot und Fabri.

165. Melchisedec Thévenot, geb. 1620 zu Paris, gest. 1692 zu Issy bei Paris, wurde bereits bei der Frage über die Entdeckung der magnetischen Deklination von mir genannt (§ 118). Er hat sich durch keine physikalische Arbeit von Belang ausgezeichnet. Sein Wohnort war Paris, von wo aus er Reisen durch ganz Europa machte. Er sammelte leidenschaftlich Manuskripte, stand mit vielen Gelehrten so auch mit Borelli in Briefverkehr, wurde später Custos der königl. Bibliothek, und 1685 auch Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris.

Honoré Fabri, bei den Italienern Onorato Fabbri, geb. 1606 zu Le Bugey, Diocese Belley und gest. 1688 zu Rom, ein Jesuit, der seine Studien zu Lyon machte. Er war ein thätiger unermüdlicher Mann, begierig Alles zu wissen oder wenigstens für allwissend gehalten zu sein; war Theolog, Physiker, Astronom und Archäolog, von Allem etwas. In Rom, wohin er aus Lyon kam, verwaltete er das Amt des Groß-Pönitenziars beim heil. Officio, d. h. der Inquisition. Er wurde dort mit Ricci bekannt, der ihn dem Fürsten Leopold empfahl, und dieser, der wohl glauben mochte, daß ihm Fabri in seiner amtlichen

¹⁾ Marx, Gesch. der Mineralogie, 56.

Stellung nützlich sein könnte, ernannte ihn zum Korrespondenten der Akademie.

Wirklich that Fabri auch so, als wolle er die neueren Lehren der Astronomie und Physik in Schutz nehmen, denn er erklärte in Bezug auf das kopernikanische System: So lange man noch keinen unwiderleglichen Beweis von der Bewegung der Erde habe, gebühre der Kirche die Entscheidung, sowie aber ein solcher Beweis gefunden sei, habe es keine Schwierigkeit zu erklären, daß man die gegen die Bewegung der Erde sprechenden Bibelstellen im figürlichen Sinne zu nehmen habe.

Fabri glaubte mit dieser jesuitischen Auslegung es beiden Theilen recht gemacht zu haben, aber das bekam ihm schlecht. Das heil. Officium verstand keinen Scherz, er mußte, obwohl ein Mitglied desselben, auf 50 Tage in den Kerker wandern, und wahrscheinlich würde er noch länger haben schmachten müssen, wenn ihn nicht die Fürbitte des Fürsten Leopold daraus befreit hätte.

Nach Montucla's Angabe hätte Fabri jenen für ihn so verhängnißvollen Ausspruch in einer unter dem Namen Eustachio de Divini erschienenen, aber so gut wie von ihm selbst verfaßten Schrift gethan, einer Schrift, die sich zugleich gegen die von dem berühmten Huyghens am Saturn gemachten Entdeckungen ausspricht und den Titel führt: *Brevis annotatio in systema saturnium Chr. Hugonii, Romae 1660.*

Montucla's Angabe ist allerdings richtig, aber ich muß bemerken, daß der Eustachio de Divini keineswegs etwa eine fingirte Person war. Er lebte zu Rom und war ein durch Verfertigung von Fernröhren sehr berühmter Künstler. Er machte damit auch Beobachtungen am Himmel, und diese gaben ihm eben Veranlassung darüber eine Schrift aufzusetzen. Da er der Feder nicht sehr mächtig war, so gab er die Schrift dem Pater Fabri zur Durchsicht und dieser, der es für nöthig hielt, daß sie lateinisch erschien, welche Sprache Divini nicht verstand, übersetzte, berichtigte und erweiterte sie, wodurch denn manches hin-

eingekommen sein mag, woran Divini selbst gar nicht gedacht hatte¹⁾. Die Einwände gegen Huyghens waren auch ganz ungenügend, so daß dieser sich in einer *Brevis assertio systematis sui*, *Hagae 1660* vollkommen rechtfertigen konnte.

Fabri hat mehrere physikalische Schriften herausgegeben, unter denen die *Synopsis optica*, *Lugd. 1667* wohl eine der bedeutendsten ist. In dieser Schrift, die identisch zu sein scheint mit dem im selben Jahre zu Lyon erschienenen *Essai optique 1667*, giebt er eine ganz annehmbare Erklärung von der Himmelsbläue, welche er ableitet von der Reflexion des Lichts an Körpertheilchen, die in der Atmosphäre schweben. Die Erklärung ist wenigstens besser als die zuerst von Leonardo da Vinci vorgetragene und später von so vielen Physikern bis auf Göthe wiederholte, gemäß welcher das Himmelsblau entstehen soll aus dem von der Atmosphäre reflektirten weißen Sonnenlicht, durch seine Vermischung mit dem Schwarz der dahinter liegenden Himmelsräume.

In derselben Synopsis beschreibt Fabri auch einen ganz artigen Gesichtsbetrug. Man steche, sagt er, in ein Kartenblatt ein kleines Loch, halte es dicht vor das Auge, bringe wiederum dicht vor dasselbe eine aufrecht gehaltene Stecknadel, und sehe nach einem entfernten Gegenstand, dann wird man ein vergrößertes umgekehrtes Bild von der Nadel erblicken. Wie Fabri richtig bemerkt, fällt auf die Netzhaut ein aufrechter Schatten von der Nadel, der wegen der umgekehrten Lage des Bildes im Auge rückwärtlich der umliegenden Gegenstände als ein umgekehrter empfunden wird²⁾.

Fabri hat auch einige Beobachtungen über die Capillarität angestellt, deren ich künftig noch gedenken werde. Er hat dieselben in seiner *Physica in decem tractatus distributa*, *Lugd. 1669* beschrieben, einem voluminösen Werk,

¹⁾ Tiraboschi, Storia etc. VIII, 263.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 153.

das viel Schwaches und Irrthümliches enthält, wie z. B. die Erklärung der Kohäsion durch hakenförmige Körpertheilchen, welche wie die Zähne von Rädern in einander greifen sollen. Ebbe und Fluth werden nicht durch direkte Anziehung des Mondes auf das Meer erklärt, sondern durch Einwirkung des ersteren auf den Luftdruck, der wiederum auf das Meer wirke.

Aus Allen diesem wird zur Genüge erhellen, daß **Fabri** grade kein großer Physiker war, und er seine Wahl zum Korrespondenten der Acc. del Cimento mehr den Umständen, namentlich seiner Stellung, als seinen Verdiensten verdankt.

Außer **Stenone**, **Thévenot** und **Fabri** wird auch von Einigen noch der Franzose **Auzout**, eines der ersten Mitglieder der pariser Akademie, als Korrespondent der Acc. del Cim. genannt. Indefs waltet dabei ein Irrthum ob. Dieser **Auzout**, von dem ich künftig noch näheres berichten werde, wurde allerdings vom Großherzog Ferdinand II. mit der Anstellung einiger physikalischen Versuche beauftragt, er kam aber erst 1668, ein Jahr nach Aufhebung der Akademie, nach Florenz.

166. Da ich im Vorstehenden auf **Divini** (geb. zu S. Severino in der Mark Ancona) gekommen bin, so kann ich nicht umhin zu erwähnen, daß er sich um die Verbesserung der zusammengesetzten Mikroskope einige Verdienste erworben hat. Bis dahin setzte man sie bloß aus zwei Linsen zusammen, einem Objektiv und einem Okular; **Divini** nahm zuerst, sowohl für das erste wie für das letztere, eine Doppellinse, im Ganzen also vier Linsen. Das Okular bestand aus zwei plankonvexen Linsen dergestalt angebracht, daß ihre Konvexitäten sich berührten. Es waren aber diese Mikroskope gegen unsere heutigen monströse Instrumente, so dick wie das Bein eines Mannes, mit Okulargläsern so groß wie eine Handfläche¹⁾. Wahrscheinlich waren es **Divini'sche** Okulare, welche der Pater

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 98.

Fabri in seiner *Synopsis optica* rühmend erwähnt und beschreibt.

Fürst Leopold erhielt von **Divini** im J. 1660 ein Objektiv von $18\frac{1}{2}$ Braccien (1 Braccio = 263,4 par. Linien), d. i. etwa 34 Fuß Fokallänge. Dies gab Veranlassung, daß man in der Acc. del Cim. sogleich die Ansichten **Fabri's** über die Erscheinungen am Saturnringe prüfte. Man montirte das Objektiv, wobei die Schwierigkeiten, welche das Erforderniß einer leichten Beweglichkeit des Fernrohrs herbeiführte, erst durch eine von **Anton Maria del Buono** erdachte Vorrichtung, *Arcicanna* genannt, überwunden wurden, welche vorzüglich die Beobachtungen im Zenith bezweckte (§ 160).

Die Akademie kam nun durch ihre Beobachtungen zu dem Schluß, daß **Huyghens'** Ansichten von den Erscheinungen am Saturn vollkommen richtig seien, was später auch **Fabri** einzuräumen genöthigt war.

Man verglich das auf die beschriebene Weise hergestellte Fernrohr mit einem von **Torricelli** angefertigten von 18 Braccien Brennweite, wobei sich ergab, daß letzteres noch ein wenig den Vorzug hatte vor dem **Divini'schen**. Bei Erwähnung **Torricelli's** muß ich bemerken, daß er um die Anfertigung der Fernröhre in Italien ein wesentliches Verdienst hat. Bis dahin war es **Galilei** allein, der zu astronomischen Beobachtungen taugliche Fernröhre zu machen verstand, und daher wurde er von Deutschland aus häufig mit Bitten um dieselben bestürmt. Sie waren selbst besser als die holländischen, deren Leistungen anfänglich, wie früher erwähnt (§ 90), noch sehr schwach waren. Da legte sich nun **Torricelli** auf die Anfertigung optischer Werkzeuge und brachte es, freilich nicht ohne große Anstrengung dahin, Fernröhre darzustellen, die ebensoviel und mehr leisteten als die von **Galilei**, was dazu beitrug, daß er die Medaille *Virtutis praeimia* bekam. Das genannte Fernrohr von 18 Bracc. Brennweite wird noch gegenwärtig im physikalischen Museum zu Florenz aufbewahrt.

Divini hatte in Rom einen Nebenbuhler **Giuseppe Campani**, aus Rom gebürtig, der ihn wenigstens in Anfertigung von Fernröhren noch übertraf, und einen solchen Ruf erlangte, daß nach seinem Tode der Papst Benedict XIV. alle seine Werkzeuge ankaufte, und dem Institut von Bologna schenkte. Auch verfertigte er im Auftrag Ludwigs XIV. die Fernröhre, mit denen der berühmte Astronom **Domenico Cassini** die beiden nächsten Saturnmonde entdeckte. Es waren Instrumente von kolossaler Länge, von 86, 100, 136 par. Fuß (210 Palmi romani) Brennweite; Divini hatte es nur bis etwa 45 Fuß (72 Palmi rom.) gebracht.

Zwischen beiden Künstlern bestand eine große Eifersucht. Ricci sagt in einem Brief an den Fürsten Leopold von 1664, man brauche nur in Gegenwart des einen von dem andern zu sprechen, und dieser fühle sich sogleich aufs gröblichste beleidigt — *tout comme chez nous.* — Campani ließ Niemand in seine Werkstatt treten, und machte aus seinem Verfahren ein großes Geheimnis. Er stellte auch mit seinen Fernröhren Beobachtungen am Himmel an, und veröffentlichte sie in zwei kleinen Schriften: 1) *Ragguaglio di nuove osservazioni, Roma 1664*; 2) *Ombre delle stelle medicee nel volto di giove, Bologna 1666.*

Die Leistungen beider Künstler waren für die Zeit gewiß vorzüglich zu nennen, aber man sieht schon aus der übergroßen Länge ihrer Fernröhre und aus dem Umstand, daß ihnen häufig die Gläser mißglückten, wie weit damals die Technik im Gebiet der Optik gegen heute zurück war. Auch sollen nach Hooke's Zeugnis schon damals in England Fernröhre angefertigt worden sein, die bei viel kleinerer Fokallänge dasselbe leisteten wie die italienischen Instrumente. — Von **Matteo Campani**, dem Bruder des oben besprochenen **Giuseppe** bekam Fürst Leopold im J. 1665 ein Fernrohr, das zu den besten seiner Zeit gehörte. Es wird noch im Museum zu Florenz aufbewahrt; es hält $4\frac{1}{2}$ Zoll Apertur, und diente namentlich zu Beobachtungen über den Jupiter.

Die Darstellung eines schlierenfreien homogenen Glases legte der Anfertigung der Fernröhre immer noch große Schwierigkeiten in den Weg, wie dies der geschickte Mechaniker Tito Livio Burattini noch im J. 1672 in einem Brief an Boulliau bezeugt. Burattini kam daher schon auf den Gedanken, hohle Glaslinsen (*vetri concavo-convessi*) zu verfertigen und sie mit Flüssigkeiten zu füllen, mit welchen aber ist nicht angegeben.

Leistungen der Acc. del Cimento.

167. So wären wir denn mit den Persönlichkeiten der Acc. del Cimento hinreichend bekannt, und es bliebe mir nun noch die Aufgabe einen Abriss von den Leistungen dieser thätigen Körperschaft zu geben.

Gemäß ihrem Wahlspruch: *Provando e Riprovando* hat die Akademie die wichtigsten Fragen der damaligen Physik auf dem Wege experimenteller Forschungen zu erledigen gesucht in einer Weise, die ebenso ehrenvoll für sie als lehrreich für die Gegenwart ist. Der Charakter ihrer Untersuchungen war rein experimentell, ohne Theorie und mathematische Verknüpfung; an einer Stelle heißt es: Es sei nicht Styl der Akademie über die Ursache der Erscheinungen zu diskuriren.

Die meisten oder im Grunde alle Fragen, die wir von ihr behandelt finden, sind gegenwärtig beantwortet und so genügend, dass wir es kaum noch der Mühe werth halten sie aufzuwerfen, oder, wenn es geschieht, können wir die Antwort darauf in einer viel leichteren und entscheidenderen Weise geben, als es den Mitgliedern der Acc. del Cimento möglich war.

In dieser Rücksicht sind die Denkschriften der florentiner Akademie die aufrichtigsten Lobredner der großen Fortschritte, welche unsere Wissenschaft und namentlich die Experimentirkunst innerhalb der beiden letzten Jahrhunderte gemacht hat. Aber wir dürfen darum nicht übermüthig werden! Vergessen wir nicht, daß wir auf den Schultern jener Männer stehen, und daß wir ohne ihre

Erfahrungen vielleicht noch heute uns nicht einmal so geschickt wie sie bei denselben Aufgaben zu benehmen wüßten.

Die Saggi der florentiner Akademie zerfallen in XIII Kapitel:

Kap. I. handelt von Meßinstrumenten und deren Gebrauch.

II. enthält Versuche über den Druck der Atmosphäre.

III. Versuche über das künstliche Gefrieren des Wassers.

IV. Versuche über das natürliche Eis.

V. Versuche über die Ausdehnbarkeit der Metalle und anderer Körper durch die Wärme.

VI. Versuche über die Zusammendrückbarkeit des Wassers.

VII. Versuche zum Beweise des Nichtdaseins einer positiven Leichtigkeit.

VIII. Versuche über den Magnet.

IX. Versuche mit Bernstein und anderen elektrischen Substanzen.

X. Versuche über die Farbenänderungen in Flüssigkeiten.

XI. Versuche über die Fortpflanzung des Schalles.

XII. Versuche mit Geschossen.

XIII. Vermischte Versuche.

Ich will nun versuchen aus diesem reichhaltigen Schatz von Erfahrungsergebnissen das Lehrreichste für die Geschichte der Wissenschaft herauszuheben.

168. Kapitel I. von den Meßwerkzeugen enthält die Beschreibung dreier wichtigen Hilfsmittel der experimentellen Physik, des Thermometers, des Hygrometers und des Pendels.

Was das Thermometer betrifft, so diskutierte ich früher die Ansprüche der verschiedenen Personen, welche als Erfinder dieses Instruments genannt werden, und kam zu dem Schluß, daß mit überwiegenden Gründen der Wahrscheinlichkeit nur Galilei allein als solcher angesehen werden könne, da sich nachweisen lasse, daß er schon gegen

das J. 1597 ein Instrument dieser Art darstellte (§ 112). Dieses Instrument, sowie die Instrumente aller übrigen vermeintlichen Erfinder, waren aber keine eigentlichen Thermometer, sondern Luftthermoskope oder vielmehr Thermo-Baroskope, Instrumente, in denen die Veränderungen des eingeschlossenen und veränderlichen Luftvolumens zugleich den Einwirkungen der Temperatur und des Luftdrucks ausgesetzt wurden.

Das Instrument der Acc. del Cimento muß dagegen für ein wahres Thermometer erkannt werden, wiewohl ihm noch eine zuverlässige Skala abging. Es ist indeß nicht, wie gewöhnlich geglaubt wird, eine Erfindung der Mitglieder dieser Akademie, sondern existirte schon eine geraume Zeit vor der Stiftung derselben. Die Geschichte der ersten Vervollkommnung des Instrumentes entbehrt ebenso sehr der offenkundigen Dokumente, als die seiner Erfindung. Man kann nicht mit Gewißheit angeben, wer den wichtigen Uebergang vom Thermoskop zum Thermometer machte. Nur so viel ist gewiß, daß das von den Saggi beschriebene Instrument der Hauptsache nach schon zu Ende des J. 1641, also 16 Jahre vor Gründung der Akademie und 2 Jahre vor Erfindung des Barometers, in Florenz existirte.

Wie Viviani in seiner Biographie von Galilei berichtet, hätte der Großherzog Ferdinand II. in eigener Person bedeutenden Antheil an der Vervollkommnung des Thermometers, und so scheint auch aus dem, was der Pater Urbano Daviso, ein Schüler Cavalieri's angiebt, hervorzugehen, daß der Großherzog es war, welcher dem florentiner Thermometer die Form gab, welche es besaß. Auch hält es Antinori¹⁾ für unzweifelhaft, daß derselbe das reine und gefärbte Wasser, welches man anfangs zum Füllen des Thermometers anwandte, und welches bei seinem Gefrieren leicht ein Springen des Thermometers zur Folge

¹⁾ Antinori, Notizie istoriche relative all'Accademia del Cimento, pag. 33.

hatte, durch Weingeist ersetzte, zuerst durch den gefärbten, weil derselbe leichter erkennbar ist, später durch farblosen, weil sich der Farbstoff leicht ausscheidet und Flecke auf der Innenseite des Rohres macht, welche die Ablesung erschweren.

Targioni-Tozzetti bezeichnet¹⁾, wie es scheint auf die Autorität unseres Landsmanns **Sturm**, das Jahr 1649 als die Epoche, wo der Großherzog diese Vervollkommnungen am Thermoskop anbrachte, während **Sturm**²⁾ nur angiebt, der Großherzog habe in diesem Jahre dergleichen Instrumente, die indeß mehr Thermoskope als Thermometer gewesen, an **Magiotti** und **Kircher** in Rom gesandt. Aus dem *Diario* der Akademie geht jedoch klar hervor, daß das von derselben angewandte und im J. 1641 konstruierte Thermometer mit Weingeist gefüllt war, und überdies weiß man, daß **Torricelli** im J. 1646 dem berühmten französischen Reisenden **Monconys** das Thermometer und die übrigen Instrumente des Großherzogs zeigte. Ebenso ist verbürgt, daß der Großherzog **Ferdinand II.** sich schon im J. 1644 des Thermometers bediente, um seine Versuche über das künstliche Ausbrüten der Hühnereier zu wiederholen³⁾, und daß er dieses Thermometer später an mehreren Orten zu meteorologischen Zwecken beobachten ließ.

Die von den Akademikern angewandten Instrumente waren Weingeistthermometer, die der Großherzog von

¹⁾ **Targioni-Tozzetti**, *aggrandimenti delle scienze fisiche* etc. I, 150

²⁾ **Sturm**, *Collegium experimentale curiosum* II, 166.

³⁾ Der Großherzog interessirte sich sehr für das künstliche Ausbrüten. Wissend, daß dasselbe seit **Herodot's** Zeiten in Aegypten ausgeübt wurde, und zur Zeit noch in Kairo, ließ er von dort zwei koptische Christen nach Florenz kommen und Brutöfen bauen. Die Versuche gelangen aber schlecht; die Eier kamen wohl aus, aber die Küchlein waren mißgestaltet, konnten den Kopf nicht ordentlich tragen, am dritten Tage schwellen ihre Augen stark und dann starben sie. Von 12 Dutzend Eiern, die man mit einem Mal in den Ofen gethan, kamen nur 61 aus, und von diesen blieben nur 3 am Leben. Nicht besseren Erfolg hatten die 14 Jahre später von **P. del Buono** und **Montanari** in Wien angestellten Versuche (§ 160).

einem sehr geschickten Glasbläser **Giuseppe Moriani** hatte verfertigen lassen. Sie besaßen meist die noch jetzt übliche Gestalt mit Ausnahme eines schraubenförmig gewundenen Halses (*col cannello a chiocciola*). In einer Beziehung hatten sie einen Vorzug, den man erst in neuester Zeit wieder gehörig anerkannt hat. Ihre Skala war nämlich nicht neben dem Thermometer auf Holz, Elfenbein oder Metall angebracht, wie meistens jetzt der Fall ist, sondern sie befand sich unmittelbar auf dem Glase des Instruments.

Diese Einrichtung wäre vortrefflich zu nennen, wenn die Skala aus Strichen bestanden hätte, die, wie man es gegenwärtig bei genauen Thermometern thut, entweder mittelst eines Diamanten oder mittelst Flußsäure in das Glas eingeschnitten werden. Allein statt der Striche waren die Abtheilungen durch Glasknöpfchen angegeben, die zwar mit großer Geschicklichkeit angeschmolzen wurden, doch nie die Regelmäßigkeit und Feinheit der Striche haben konnten. Jedes zehnte Knöpfchen war von weißem Emailglas, die übrigen von dunklem Glase.

Diese Einrichtung gab zwar eine immer noch leidlich gute Ablesung, schlimmer aber stand es mit den Principien der Skale, welche sehr schwankend waren. Das am meisten angewandte Thermometer hatte eine in 50 Grade getheilte Skale; bei andern war diese in 60, 70 oder 100, bei den schraubenförmigen Thermometern gar in 300 oder 400 Grade getheilt. Das große oder, wenn man will, kleine Geheimniß die Sprache zweier Thermometer übereinstimmend zu machen, kannten die florentiner Künstler und Akademiker noch nicht. Sie richteten die Skale ihrer Instrumente so ein, daß die hunderttheiligen in der stärksten Winterkälte Toskanas 16—17°, und in den stärksten Strahlen der Sommer-Sonne 80° zeigten, und die fünfzigtheiligen im ersten Fall 11 bis 12°, im letzten 40° hatten.

Man sieht schon aus dieser Angabe, daß die Thermometer, deren Skala eine verschiedene Anzahl von Graden umfaßte, nicht mehr recht vergleichbar waren. Eine strenge Gleichheit fand selbst unter den verschiedenen Individuen

einer und derselben Art von Thermometern nicht statt, doch hatte hier die Geschicklichkeit des Künstlers den Mangel der Principien einigermaßen ersetzt. Wie man aus einer Aeußerung in den Saggi ersieht, erreichte man die Gleichförmigkeit der Instrumente dadurch, daß man auf das Verhältniß der GröÙe der Kugel zum Durchmesser der Röhre und zur Menge des hineingebrachten Weingeistes große Sorgfalt verwandte. Doch wird bemerkt, es könne die Regel zur Konstruktion eines guten Thermometers nur durch viele Praxis erlangt werden, und darin haben wir wohl eben den Grund zu suchen, weshalb die Saggi grade über den wichtigsten Punkt, über die Graduierung der Thermometer, so leicht hinweg gehen.

Wegen des Mangels an gut bestimmten festen Punkten in der Skala der florentiner Thermometer würde uns die Sprache derselben jetzt vollkommen unverständlich sein, wenn Antinori nicht im J. 1829 so glücklich gewesen wäre in einem Magazin zu Florenz unter vielen Glasapparaten, die aus jener glorreichen Zeit herkommen, eine ganze Kiste voll von den Thermometern mit 50theiliger Skala aufzufinden. Dadurch wurde Libri ¹⁾ in den Stand gesetzt, das florentiner Weingeist-Thermometer mit einem nach Réaumur getheilten Quecksilberthermometer zu vergleichen, wobei sich ergeben hat, daß

$$50^{\circ}\text{Fl.} = 44^{\circ}\text{R.}$$

$$13,5 - = 0 - , \text{ also } 0^{\circ}\text{Fl.} = - 15^{\circ}\text{R.}$$

Es wäre zu wünschen, daß ein solcher Vergleich mit mehreren Individuen der florentiner Thermometer und an mehreren Punkten ihrer Skale angestellt würde, damit man erführe, wie groß die Uebereinstimmung zwischen denselben war. Dieser Vergleich hat darum besonders Interesse, weil, wie gesagt, der Großherzog Ferdinand grade mit dem 50theiligen Thermometer meteorologische Beobachtungen anstellen lieÙ.

¹⁾ Poggendorff's Annalen XXI, 325.

169. Solche Beobachtungen wurden seit 1654 regelmäßig angestellt zu Florenz im Kloster degli Angeli, zu Vallombrosa und Cutigliano in den Bergen von Pistoja, zu Bologna von Riccioli, in Parma, Mailand, Warschau, Inspruck und Ossiponti. Der Pater Luigi Antinori, ein Jesuit und Teologo stipendiato des Großherzogs, führte über dieses älteste meteorologische Institut die Oberaufsicht.

Die Register sind mit großer Sorgfalt geführt. Man beobachtete an jeder Station täglich an mehreren bestimmten Stunden, und zwar die Temperatur durch ein im Norden und ein im Süden aufgehängtes Thermometer, ferner das Barometer oder, wie man sagte, die Grade des Vacuo, die Windesrichtung, die Bedeckung des Himmels u. s. w. Die Barometer hatten eine willkürliche Skala, erst ein von Borelli beobachtetes war in Zoll und Linien getheilt, wahrscheinlich französische. Auch das in den Saggi abgebildete Barometer, bei welchem das untere Ende des Rohrs in einem ziemlich kugelförmigen auf einem Fuß ruhenden Gefäß mit Quecksilber sich befindet, ist noch in Grade getheilt (§ 174).

Einige dieser meteorologischen Tagebücher sind noch vorhanden. Ein solches, welches 16 Jahre lang geführt wurde und mit einigen Lücken täglich fünf Beobachtungen enthält, ist im J. 1830 von dem genannten Libri benutzt worden, um damit die Frage zu entscheiden, ob sich seit jenen Zeiten die Temperatur von Toskana verändert habe. Man glaubte dies allgemein bejahend beantworten zu müssen, weil die Apenninen im XVII. Jahrh. noch sehr bewaldet waren und sie jetzt ziemlich kahl sind. Allein der Vergleich jener alten Beobachtungen, wobei das florentiner Thermometer auf Réaumur reducirt wurde, mit den im J. 1820 im Observatorium der frommen Schule zu Florenz angestellten, hat ergeben, daß seit der Zeit keine nachweisbare Temperaturverschiedenheit eingetreten ist.

Nach Libri stammen diese Beobachtungen vom Pater Benieri her. Allein entweder herrscht hier eine Namens-

verwechlung, oder es ist ein anderer **Renieri** (auch **Reinieri**) als der Schüler **Galilei's**, der 1647 oder 1648 starb, und durch seine vergeblichen Rechnungen über die Jupitermonde bekannt ist (§ 115). Denn da dieser 1647 oder 1648 starb, konnte er mit dem florentiner Thermometer noch nicht 16 jährige Beobachtungen anstellen.

Unter den noch jetzt im großherzogl. Museum zu Florenz aufbewahrten Instrumenten aus jener Zeit befindet sich auch eine Modifikation des florentiner Thermometers, deren in den Denkschriften der Acc. del Cimento nicht erwähnt wird. Es ist dies eine Art von multiplicirendem Thermometer, nämlich ein Thermometer, dessen Stiel auf einem gewissen Theil der Skala beträchtlich enger ist, als auf dem übrigen Rohr, so daß innerhalb dieses Theiles die Grade bedeutend größer ausfielen. Es diente offenbar zu Beobachtungen, die auf ein gewisses Temperatur-Intervall beschränkt waren.

170. Endlich findet sich in den **Saggi** noch ein sinnreiches Instrument beschrieben, das aber mehr ein Thermoskop als Thermometer zu nennen ist. Eben dieses war es, welches der Großherzog im J. 1649 an **Kircher** und **Magiotti** nach Rom sandte (§ 168). Es besteht aus einem Glasgefäß angefüllt mit einer Flüssigkeit, worin Glaskügelchen schweben, welche durch ihr Steigen oder Sinken Temperaturänderungen anzeigen.

Auf einem ähnlichen Princip beruhen die in neuerer Zeit vorgeschlagenen aber nie recht in Anwendung gekommenen aräometrischen Glasperlen, die von **Alexander Wilson** (gest. 1786), weiland Professor der Astronomie in Glasgow, 1757 erfunden und später von **Lovi** verbessert worden sind. Sie sind nummerirt und so eingerichtet, daß sie in Flüssigkeiten von dem specif. Gew. 1000 — 0,998 — 0,996 — 0,994 u. s. w. schwimmen bleiben.

Diese aräometrischen Glasperlen sind indess keine neue Erfindung, auch sie kommen unter den im physikalischen Museum zu Florenz aufbewahrten alten Instrumenten vor. Sie sind zwar nicht nummerirt, aber dafür

ganz zweckmäßig in einem Körbohen von Metallnetz eingeschlossen, so daß man sie alle zusammen in die Flüssigkeit versenken und wieder herausziehen kann.

In diesem Instrumenten-Schatz finden sich überdies noch mehrere Werkzeuge zur Ermittlung des specif. Gewichts von Flüssigkeiten:

1) Volumen-Aräometer, ähnlich den *Beaumé'schen*, von Glas mit Schrot oder Quecksilber abgeglichen und einer Skale in Gestalt von Glasköpfchen auf dem Halse, daneben verschiedene Zahlen, z. B. 11, was bedeutet, daß für jeden Grad die untersuchte Flüssigkeit 11 Gran mehr wiegt als eine Volumen-Unze Wasser.

2) Aehnliche Aräometer mit Weingeist gefüllt, die zugleich als Thermometer dienen, also Temperatur und specif. Gewicht zugleich angeben.

3) Gewichts-Aräometer von Glas und durch Schrot oder Quecksilber so ajustirt, daß ihr Volumen dem Volumen einer Unze Wasser gleich kam, daher *Palla d'Oncia* genannt. An dem dünnen Hals befand sich eine Marke, und wurden kleine durchlöchernte Metallscheiben von bekanntem Gewicht aufgesteckt, bis das Instrument bis zu dieser Marke in die untersuchte Flüssigkeit einsank.

171. Als Anhang zur Geschichte des florentiner Thermometers muß ich hier erwähnen, daß, wiewohl dies Instrument vor der Stiftung der Acc. del Cimento und während des Bestandes derselben, keine Skala mit festen und unter allen Umständen wieder auffindbaren Punkten besaß, doch nach der Auflösung der Akademie ein ehemaliges Mitglied derselben diesem Mangel abhalf. Es war *Carlo Renaldini* (§ 161). In seiner *Philosophia naturalis*, die er während seines Aufenthalts zu Padua 1694 herausgab, sprach dieser ausgezeichnete Physiker zuerst aus, daß der Schmelzpunkt des Eises und der Siedepunkt des Wassers als feste Temperaturen zur Graduierung des Thermometers benutzt werden können.

Er machte in dieser Beziehung zwei Vorschläge. Der erste bestand darin, daß man das Thermometer folgeweise

in geschabtes Eis und in siedendes Wasser tauchen, und den Raum zwischen beiden Ständen in 12 gleiche Theile theilen solle. Zweitens, daß man das Thermometer successive tauche in geschabtes Eis, in eine Mischung von 11 Th. kaltem Wasser (aqua gelida) und 1 Th. siedendem Wasser, in 10 Th. kalt. + 2 Th. sied., in 9 k. + 3 s., in 8 k. + 4 s. u. s. w., und die entsprechenden Punkte des Thermometers bemerke.

Letzterer Vorschlag ist allerdings manchem Einwurfe ausgesetzt, der erste aber in der Hauptsache richtig; es müßte nur heißen, das Thermometer nicht in das siedende Wasser selbst, sondern in den Dampf zu tauchen und dabei auf den Barometerstand Rücksicht zu nehmen. Man muß sich wundern, daß dieser Vorschlag von den Zeitgenossen nicht weiter beachtet worden ist, so daß noch der große Newton sieben Jahre später 1701 eine Graduirung beschreiben konnte, die offenbar viel unvollkommener ist.

Sehr zu verwundern ist es auch, daß nicht schon die Akademiker bei ihren gemeinschaftlichen Arbeiten auf die von Renaldini vorgeschlagene Graduirung verfielen, denn sie beobachteten wirklich schon die Konstanz des Schmelzpunktes vom Eise. Als sie nämlich zu gewissen Zwecken eine bleierne Schale mit zerstoßenem Eise, in welchem eins ihrer 50 theil. Thermometer stand, in eine Schüssel mit siedendem Wasser setzten, machten sie die Beobachtung, daß das Thermometer fortwährend, so lange noch Eis vorhanden war, auf einem und demselben Punkt, auf etwa $13\frac{1}{2}^{\circ}$ Fl. stehen blieb. Aber die Konstanz des Siedepunktes entging ihnen, wiewohl sie auch ihre Thermometer in siedendes Wasser stellten. Diese Versuche gehörten wohl zu den am spätesten gemachten, denn sie werden erst im letzten, im XIII. Kap. beschrieben.

172. Das zweite Meßwerkzeug, welches wir in den Saggi der Acc. del Cim. beschrieben finden, ist das Hygrometer. Auch dieses Instrument macht seinem Erfinder alle Ehre, und es wäre daher wichtig zu wissen,

ob wir wirklich wie angegeben wird, als solchen den Großherzog Ferdinand II. zu betrachten haben, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, daß er sich schon vor der Stiftung der Akademie mit diesem Hygrometer beschäftigte und wenigstens später, im J. 1665, Exemplare davon an verschiedene Fürsten Europas verschenkte.

Alle bis dahin angewandten Hygrometer verdienten diesen Namen nicht; sie waren nur Hygroskope, gründeten sich auf das Vermögen vegetabilischer und animalischer Substanzen Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, und dadurch an Gewicht entweder zuzunehmen, wie in der hygroskopischen Wage des Kardinals de Cusa, oder ihre Länge zu verändern, wie in dem akustischen Hygroskop Mersenne's.

Die Eigenschaft der aus Hanffasern gedrehten Tawe sich durch Feuchtigkeit zu verkürzen, kannte schon der berühmte Baumeister Domenico Fontana, der davon im J. 1586 bei Aufrichtung des großen Obelisk vor der Peterskirche eine sehr zur rechten Zeit kommende Anwendung machte. Denn als man den ungeheuren Steinblock beinahe aufgerichtet hatte, versagten die Winden ihren Dienst, die ganze Arbeit schien verloren. Da befahl Fontana, vielleicht durch seinen Namen daran erinnert, Wasser auf die Stricke zu gießen, und siehe da, sie zogen mit solcher Gewalt zusammen, daß sie den Obelisk in die Höhe richteten! Auf demselben Princip beruht das 1626 von dem Arzte Santorio zu Venedig erfundene Hygroskop, bei welchem eine Darmsaite die Feuchtigkeit aufsaugt, und das Hygrometer von Maignan, der die Granne vom wilden Hafer verwendete, wie es der französische Reisende Monconys 1646 bei Torricelli sah.

Alle diese Instrumente konnten wohl über das Mehr oder Weniger der Feuchtigkeit in der Luft eine Anzeige liefern, aber niemals auch nur annähert die Menge derselben angeben. Das in den Denkschriften der Acc. del Cim. beschriebene Instrument, welches der Großherzog Ferdinand II. seine Mostra umidaria nannte, war dagegen

ein wirkliches Hygrometer, oder konnte es wenigstens bei richtiger Anwendung sein. Es beruhte nicht auf Absorption der Wasserdämpfe, sondern auf Kondensation derselben, und hatte folgende Gestalt:

Ein kegelförmiger Korb, innen ausgepicht, außen mit Weißblech bekleidet, stand auf einem Dreifuß und verlief nach unten in einen spitzen geschlossenen Glastrichter. Dieser Apparat wurde mit zerstoßenem Eise gefüllt, in Folge deß sich der dünne Glastrichter stark abkühlte, so daß sich die in der Luft befindlichen Wasserdämpfe darauf niederschlugen, zu tropfbarem Wasser verdichteten und an der Spitze abliefen. Um dies Wasser aufzufangen stellte man einen durch Glasknöpfchen graduirten Glasbecher darunter, und der Gebrauch des Instruments war dann der, daß man die Zeit maß, während welcher sich der Becher ganz oder bis zu einem bestimmten Punkt mit Wasser füllte.

Auf diese Weise ermittelte man u. A., daß in Florenz die vom Meere kommenden Süd- und Westwinde feuchter waren als die über die Apenninen hinweg streichenden Nord- und Ostwinde. Der Gebrauch dieses Instruments war allerdings etwas umständlich, schon insofern, als er immer die Möglichkeit voraussetzte sich Eis verschaffen zu können; auch konnte es eigentlich erst dann ein Meßwerkzeug genannt werden, wenn man es auf ein eingeschlossenes Luftvolumen hätte wirken lassen. Aber das Princip desselben war doch rationell, und es muß in der That auffallen, daß man erst in der neueren Zeit nach vielen Umwegen wieder zu demselben, aber freilich in verbesserter Gestalt, zurückgekehrt ist.

Da hier vom Niederschlag der Wasserdünste die Rede war, so mag bei der Gelegenheit eine gleichfalls darauf bezügliche Mittheilung von Dioskorides erwähnt werden. Er sagt, um sich auf dem Meere frisches Wasser zu verschaffen, solle man abgeschorene Wolle rings um das Schiff aufhängen; dieselbe werde von den feuchten Dünsten des

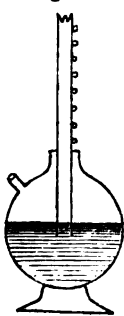
Meeres ganz naß, so daß man süßes Wasser daraus drücken könne ¹⁾).

173. Das dritte Instrument, welches sich in den Saggi beschrieben findet, das Pendel, war auch schon vor der Stiftung der Akademie in die Form gebracht, in welcher wir es hier antreffen. Es bestand aus einer Kugel, die an zwei Fäden hing, um die konische Schwingung zu verhüten.

Die Akademiker gebrauchten es namentlich zu ihren Versuchen über die Fortpflanzung des Schalles, die auch schon vor der Stiftung der Akademie im J. 1656 angestellt wurden. Sie bemerkten dabei, daß die kleinen Schwingungen in kürzerer Zeit als die großen geschehen, und beschreiben daher eine Art Pendeluhr, als deren Urheber sie Vincenzo Galilei 1649 angeben. Hieraus hat Huyghens, der wahre Erfinder, Anlaß genommen sich in einem Briefe darüber zu beklagen, daß Magalotti dem Galilei und seinem Sohn die Erfindung der Pendeluhr zuschreibe. Indefs geht aus einem Briefe Galilei's vom 9. Januar 1637 hervor, daß er die Idee das Pendel mit einem Räderwerk zu versehen bereits gehabt hat. Wir kommen darauf später noch einmal zurück.

174. Kapitel II handelt von den Versuchen über den Druck der Atmosphäre. Die Akademiker beschreiben darin ihr Barometer, welches die Gestalt von Fig. 10

Fig. 10.



hatte, also die eines Gefäßsbarometers, wie alle der ersten Zeit. Es war mit einer Skala auf der Röhre versehen, aber nicht in Zoll und Linien getheilt, sondern in Grade mittelst Glasknöpfchen; auch führte es noch nicht den Namen Barometer, und kann ich nicht sagen, wer diesen Namen eingeführt hat.

Von wem und wann die ersten Heberbarometer gemacht sind, läßt sich nicht genau sagen, doch gab es dieselben schon während des Bestandes der Akademie; Hooke's Radbarometer,

¹⁾ Porta, *Magia nat. lib. XX, art. 3, pag. 1021.*

welches dazu gehört, datirt von 1665. Es findet sich allerdings schon ein Heberbarometer in den Saggi beschrieben, aber eins, bei dem der kurze Schenkel zu einem feinen Haarröhrchen ausgezogen ist. Es diente dies aber nur zu einem besonderen Versuch, nämlich um zu sehen, ob, wie Einige glaubten, der Druck der Luft abnehme, wenn er durch ein Haarröhrchen wirke. Die Akademiker fanden keinen Einfluß dieses Röhrchens.

Mit einem Gefäßsbarometer von der angegebenen Form wiederholten die Akademiker, wie es in den Saggi heißt, die zuerst in Frankreich angestellten Versuche über das Sinken des Barometers mit der Erhebung vom Erdboden, ohne jedoch Pascal zu nennen. Sie wählten dazu einen Thurm in Florenz von 142 Bracc. Höhe, konnten indeß die Thatsache schon an einem von 50 Bracc. nachweisen.

Daß die Saggi selber sagen, der Versuch sei zuerst in Frankreich angestellt, ist für die Geschichte insofern wichtig, als daraus erhellt, daß die Ansprüche, die Antinori in den Saggi von 1841 in dieser Beziehung für Italien erheben wollte, wohl unbegründet sind. Er stützt sich darauf, daß Claude Berigard aus Moutins (auch Beriguardi, Professor der Mathematik und Philosophie in Paris, Lyon, Avignon, dann in Pisa, zuletzt in Padua, gest. 1663) in seinem *Circolo Pisano, Udine 1643* sagt: Das mit Quecksilber gefüllte Rohr lasse am Fusse eines Berges oder Thurmes ein kleineres Vakuum als auf der Spitze eines solchen. Allein, wenn das Buch wirklich 1643 erschienen ist, so könnte es sein, daß es eine Anticipation des Verfassers wäre, wie wir für eine solche auch offenbar die Stelle in Torricelli's Brief an Ricci zu nehmen haben, wo er sagt, daß die Luft am Erdboden am schwersten sei, und sie immer leichter und reiner werde, sowie man sich auf den Gipfel eines Berges begeben¹⁾.

Das Fallen des Barometers mit Erhebung vom Erdboden ist bekanntlich eine natürliche Folge davon, daß

¹⁾ Antinori, Notizie istoriche relat. all' Acc. del Cim. 1841, p. 29.

der Druck der Atmosphäre mit der Höhe abnimmt. Da die Luft eine elastische Flüssigkeit ist, so folgt aus dieser Abnahme des Drucks nothwendig, daß die Luft selbst oben weniger zusammengedrückt sein muß als unten. Dies sahen denn auch die florentiner Akademiker ein, und bewiesen es durch ein Paar recht hübsche Versuche:

1) Den Apparat, Fig. 11, der in a und a' Luft und im Schenkel Quecksilber enthielt, brachten sie an den Fuß

Fig. 11. eines Thurmes, wo das Quecksilber im Niveau oo' stand. Hierauf schmolzen sie bei b zu, und zogen den Apparat an einem Faden zum Thurm hinauf. Hier stand das Quecksilber in den Schenkeln nun ungleich bei u und u' ; die untere Luft hatte sich also, so bald sie oben kam, ausgedehnt.

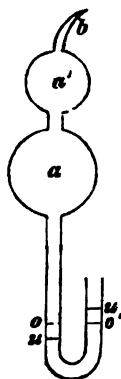
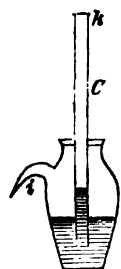


Fig. 12.



2) Der zweite Versuch wurde ebenso ausgeführt, der Apparat hatte aber eine andere Form. Das Rohr C , Fig. 12, war bei k offen und das Gefäß ward bei i zugeschmolzen. Da die Luft im letzteren dichter war als die oben auf dem Thurm, so wurde hier das Quecksilber der Druckdifferenz entsprechend in die Röhre C hinaufgepreßt. Ausdrücklich bemerken die Akademiker, daß man sich hierbei der gleichen Temperatur unten und oben versichern müsse.

Obwohl der Druck der Luft durch diese Erfahrungen schon hinlänglich bewiesen war, so begnügten sich die Akademiker noch nicht damit, sondern stellten noch eine ganze Reihe von Versuchen an, um zu zeigen, daß es wirklich dieser Druck sei, der das Quecksilber im Barometer halte. Der direkteste unter diesen möchte wohl der sein, wo sie mittelst einer kleinen Handluftpumpe aus dem verschlossenen Gefäß des Barometers die Luft fortnahmen, und nun das Barometer fallen sahen.

Sie stellten auch den Versuch an, welchen Pascal schon 1647 beschrieben hatte und von dem sie sagen, daß bereits Torricelli ihn beabsichtigt habe. Sie neigten näm-

lich das Barometerrohr und beobachteten, daß dabei die senkrechte Höhe des Quecksilberspiegels in der Röhre über dem äußeren im Gefäß konstant bleibt. Bei fortgesetztem Neigen, sagen sie nun, erreiche das Quecksilber endlich die Wölbung der Röhre bis auf ein wenig Luft, die im Vakuum sei! Auch Wasser enthalte Luft.

Sehr zahlreich und geschickt erdacht sind die Versuche der Akademiker mit dem Vakuum. Wir bedienen uns gegenwärtig zu solchen Versuchen mit viel besserem Erfolge der Luftpumpe. Allein die florentiner Physiker, denen nur eine kleine Handluftpumpe zu Gebote stand, waren genöthigt dazu das Barometer anzuwenden, welches sie zu dem Ende oben erweitert und verschiedenartig gestaltet hatten, um so ein Vakuum von bequemer Form und einigermaßen hinreichender GröÙe zu erhalten.

Um zu beweisen, daß die Luft mit vermindertem Druck sich ausdehne, brachten sie eine faltige verschlossene Lammblassc in das Vakuum, welche darin durch die sich nun ausdehnende Luft völlig aufgespannt wurde. Ferner zeigten sie, daß die Tropfen des Wassers und anderer Flüssigkeiten ihre Gestalt nicht dem Luftdruck verdanken. Zu dem Ende brachten sie über dem kugelförmigen Vakuum noch eine zweite kleinere Kugel an, welche etwas Wasser enthielt, und von der ersten durch einen Hahn getrennt war. Wurde dieser geöffnet, so tropfte das Wasser in den unteren luftleeren Behälter, und bewahrte hier dieselbe Form wie im luftgefüllten Raum. Durch einen anderen Versuch zeigten sie, daß das Steigen der Flüssigkeiten in Haarröhren vom Luftdruck ganz unabhängig ist. In den Hals einer Flasche wurde ein bis nahe auf den Boden gehendes Kapillarrohr gebracht, die obere Flaschenöffnung dicht verschlossen, die Flasche dann horizontal gelegt, und etwas Rothwein durch eine Seitenöffnung hineingegossen. Nachdem nun aus der letzteren mittelst einer Luftpumpe die Luft aus der Flasche entfernt war, wurde diese wieder aufgerichtet, worauf das Kapillarrohr mit dem

Wein in Berührung kam, welcher hineinstieg und stehen blieb, als die Luft wieder Zutritt zu der Flasche erhielt.

Die florentiner Akademiker fanden auch, daß Wasser im Vakuum Luft entbindet, und daß es in diesem schon bei mäßiger Erwärmung zum Sieden kommt. Es waren dies jedoch, wie sie selbst sagen, nur Wiederholungen von Versuchen des englischen Physikers Boyle. Sie stellten ferner auch verschiedene Versuche über die Fortpflanzung des Schalles an, kamen dabei aber zu keinem reinen Resultat. Sie hörten eine Glocke noch im Vakuum tönen, meinten aber mit Recht, daß dies entweder von zurückgebliebener Luft herrühre oder von der Fortleitung des Schalles durch den Faden, woran die Glocke hing.

Es ist indess wohl zu beachten, daß das Vakuum, welches die Florentiner darstellten, selbst das mit dem Barometer erhaltene, kein vollkommenes war, da die Akademiker noch nicht darauf verfielen das Quecksilber auszukochen. Wir dürfen uns daher auch nicht wundern, daß sie, als sie ihr barometrisches Vakuum erwärmten oder abkühlten, eine Vergrößerung oder Verringerung desselben bemerkten, aber auffallend ist es, daß sie dies nicht einem Luftrückstand zuschrieben, da sie bei dem oben erwähnten Steigen des Barometers doch selber angeben, daß immer etwas Luft über dem Quecksilber bleibe, weil ja dasselbe nicht ausgekocht war. Von diesem Luftrückstand oder eigentlich der darin enthaltenen Feuchtigkeit ist es auch abzuleiten, daß sie häufig von geriebenem Bernstein im Vakuum keine elektrische Wirkung bekommen konnten, während sie andererseits den Magneten unter denselben Umständen immer wirksam fanden.

Endlich stellten die Akademiker auch eine große Anzahl von Versuchen mit Thieren an, die sie in das Vakuum brachten: Blutegel, Schnecken, Grillen, Fliegen, Schmetterlinge, Frösche, Eidechsen, Krebse und verschiedene Fische. Sie erwähnen dabei, daß Torricelli die ersten derartigen Versuche angestellt habe, aber nur mit sehr kleinen Thieren,

und daß es ihm zweifelhaft geblieben sei, ob sie durch das Quecksilber der Barometersäule getödtet, oder aus Luftmangel gestorben seien.

175. Kap. III: Ueber das künstliche Gefrieren des Wassers. Diese Versuche bezweckten die Größe und Gewalt der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren näher kennen zu lernen. Die Akademiker verschafften sich kugel- oder birnförmige Gefäße von Messing, Kupfer, Silber oder Gold, die durch eingeschraubte Bolzen dicht verschlossen werden konnten. Diese füllten sie mit eiskaltem Wasser, und ließen es dann darin gefrieren. Wie stark die Gefäße auch sein mochten, allemal bekamen dieselben Risse und platzten.

Man machte auch einen Versuch die Größe der Ausdehnung zu bestimmen. Es wurde ein Rohr, das an einem Ende offen war, ganz mit Wasser gefüllt und dies dem Gefrieren ausgesetzt. Ein Theil des Eises drang dabei zum Rohre heraus; dies sonderte man ab, und wog nun das Rohr mit dem Eise. Indem nun dieses Gewicht verglichen wurde mit dem Gewicht Wasser, welches dasselbe Rohr füllte, fand man es im Verhältniß 9 : 8 geringer, woraus denn gefolgert ward, daß sich das Wasser beim Gefrieren im Verhältniß 8 : 9 ausdehne. Diese Versuche, die ersten ihrer Art, haben noch das Bemerkenswerthe, daß dabei das Gefrieren des Wassers durch eine Kältemischung bewerkstelligt ward.

Den florentiner Physikern gebührt das Verdienst eine solche Kältemischung wohl zuerst zu wissenschaftlichen Zwecken benutzt zu haben, denn sie bedienten sich derselben schon im J. 1657 bei Gelegenheit ihrer Versuche über die Einwirkung der Wärme und Kälte auf die Geräumigkeit von Gefäßen. Sie wandten zur künstlichen Erzeugung von Kälte verschiedene Gemische an: Schnee und Kochsalz, Schnee und Weingeist, Schnee, Salz und Weingeist, Schnee und Salpeter, Schnee und Salmiak. Das letzte Gemisch gab ihnen die größte Kälte, 5° ihres 100theiligen Thermometers.

Dafs Weingeist auf Schnee geschüttet Kälte erzeugt, führen sie als eine bekannte Thatsache an, sagen aber nicht, von wem sie her stamme. Möglicherweise könnte die eine oder andere dieser Erscheinungen schon von dem Engländer Boyle beobachtet worden sein, da er sich um die Zeit der florentiner Akademie mit ähnlichen Versuchen beschäftigte. Indefs datirt seine *Experimental History of Cold*, worin er die hierher gehörigen Beobachtungen zusammengestellt hat, vom J. 1665. Auch muß ich bemerken, dafs, was den Salpeter betrifft, schon eine viel ältere Beobachtung vorhanden ist, die man bei Porta in seiner *Magia nat.* von 1589 findet.

Daselbst wird Buch XX, Kap. 2 angegeben, wie man Wasser aus Luft machen könne. Man fülle, heifst es, einen Glaskolben mit einem Gemenge von zerstoßenem Eis und unreinem Salpeter, den man Solazzo nenne. Dadurch entstehe eine grofse Kälte, es schlage sich Wasser an dem Kolben nieder, träufle an ihm herab, und könne mit einem darunter gestellten Glase aufgefangen werden. Man sieht, hier ist dasselbe Princip angewandt, worauf die Florentiner ihr Hygrometer gründeten, aber Porta hat an diese Benutzung noch nicht gedacht.

Interessant ist noch eine bei dieser Gelegenheit von Porta beiläufig gemachte Bemerkung. Man sehe, sagt er, zu Venedig in den Zimmern, welche Fenster von Glas haben, dafs diese, wenn es draussen kalt sei, inwendig zu schwitzen beginnen und Wassertropfen an sich herunter laufen lassen. Es muß also wohl damals in Neapel noch keine Glasfenster gegeben haben.

In Kap. IV: Vom natürlichen Eise, ist besonders ein Versuch sehr merkwürdig. Die Akademiker stellten eine Masse von 500 Pfund Eis in gröfserer Entfernung vor einem Hohlspiegel auf, und brachten in den Brennpunkt desselben eins ihrer empfindlichen Thermometer; augenblicklich sahen sie dieses bedeutend fallen. Es entstand bei ihnen der Zweifel, ob dies nicht von der Nähe des Eises am Thermometer herrühren möge, und schoben des-

halb einen Schirm zwischen Spiegel und Thermometer. Sogleich stieg dieses auf die Temperatur der umgebenden Luft. Sobald sie aber den Schirm fortzogen, sank es abermals. Es war also nicht die direkte, sondern die durch den Hohlspiegel vermittelte Wirkung des Eises, welche das Thermometer zum Sinken gebracht hatte.

Dies ist die älteste Beobachtung über strahlende Wärme, oder wenigstens die älteste wissenschaftlich festgestellte Thatsache über die Existenz der strahlenden Wärme, denn allerdings findet sich schon eine frühere Angabe in *Porta's Magia nat.* Buch XX, Kap. IV, S. 955 der Uebersetzung. Da heisst es: Wenn man eine brennende Kerze in den Brennpunkt eines Hohlspiegels stelle, so werde das Licht so stark gegen die Augen geworfen, daß man davon die Wärme und den Glanz nicht ertragen könne. Es sei auch wunderbar, daß wie die Wärme so auch die Kälte zurückgeworfen werde. Worauf sich die letzte Angabe stützt, ist nicht näher angegeben.

In diesem Kapitel sprechen die Akademiker auch von dem Rauch des Eises, und bemerken dabei, daß er verschieden sei von dem Rauch verbrennender Körper, und vielmehr Aehnlichkeit habe mit den Morgennebeln.

176. Kapitel V bespricht die Einwirkung der Wärme und Kälte auf die Räumlichkeit von Gefäßen. Auch hier stoßen wir sogleich auf einen sehr hübschen Versuch. Nach der Lehre damaliger Physiker sollten die Körper, wenn sie erwärmt oder erkältet werden, eine Art Reaktion ausüben, vermöge welcher sie bei Erwärmung Kälte und bei Erkältung Wärme erzeugten. Man nannte dies die Antiperistasis.

Um diese Lehre zu prüfen erwärmten die Akademiker Eis, indem sie eine damit gefüllte Schale in eine andere voll siedenden Wassers setzten, erwartend, daß das Eis vermöge der Antiperistasis sich noch mehr abkühlen würde. Allein sie sahen, wie schon früher erwähnt, das Eis schmelzen, und dabei die Temperatur unveränderlich auf einem und demselben Punkt beharren. Um die Antiperistasis

noch auf eine andere Probe zu stellen, füllten sie ein thermometerartiges Glasgefäß mit kaltem Wasser, und brachten es rasch in siedendes. Da sahen sie nun wirklich im ersten Augenblick das Niveau des eingeschlossenen Wassers fallen, als ob es sich bei erster Einwirkung der Wärme zusammengezogen oder erkältet habe. Allein die Akademiker machten den richtigen Schluß, daß das Fallen dieses Wasserthermometers nicht von einer Zusammenziehung des Wassers, sondern von einer Ausdehnung der Glashölle herrühre, auf welche die Wärme in den ersten Augenblicken ihre volle Wirkung äußern mußte, während sie das Wasser nur noch unvollkommen durchdrungen habe.

Damit an der Richtigkeit dieses Schlusses kein Zweifel bleibe, änderten die Akademiker den Versuch in einer sehr belehrenden Weise ab, durch welche der wahre Vorgang gleichsam ad oculos demonstrirt wurde. Sie brachten nämlich in das Wasserthermometer mehrere von ihren Glaskügelchen, die bei gewöhnlicher Temperatur ein gleiches oder etwas geringeres specifisches Gewicht hatten als das Wasser, also in diesem oder auf diesem schwimmen blieben. Nun wiederholten sie den Versuch, und sahen bei schneller Eintauchung des Thermometers in heißes Wasser nicht allein das Niveau des eingeschlossenen Wassers sinken, sondern auch die Glasperlen. Das Sinken dieser Glasperlen gab den augenscheinlichen Beweis, daß das Wasser specifisch leichter also wärmer geworden sei, oder sich ausgedehnt hatte, folglich konnte das Sinken des Niveaus nur von der Ausdehnung des Glases herrühren, und mithin war auch für diesen Fall die hypothetische Antiperistasis vollständig widerlegt.

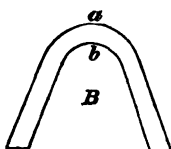
Nachdem die Akademiker den eben beschriebenen Versuch angestellt, zeigten sie auch, daß man bei einer gewissen Gestalt des Gefäßes die entgegengesetzte Wirkung erhalten kann, nämlich bei rascher Eintauchung in heißes Wasser zuerst eine starke Ausdehnung der Flüssigkeit, und bei rascher Eintauchung in kaltes Wasser eine Zusammenziehung.

Es erfolge dies, wenn das Gefäß die Gestalt *A* Fig. 13 habe und die Wände dick seien, und zwar aus dem Grunde,

Fig. 13.



Fig. 14.



weil bei rascher Erwärmung oder Erkältung die Außenseite des konkaven Theiles im ersten Falle ausgedehnt, im letzten zusammengezogen, und dadurch der Raumgehalt der Flasche in jenem Fall verringert und in diesem vergrößert werde. Sie wiesen dies experimentell nach, indem sie eine dicke gekrümmte Glasfeder *B* Fig. 14 durch Annäherung einer glühenden Kohle an der Krümmung rasch erwärmten, zuerst außerhalb bei *a*, und dann innerhalb bei *b*. Im ersten Fall gingen die Schenkel zusammen, im letzten auseinander. Diesen Versuch modificirten sie mehrfach u. A. auch dahin, daß sie einen Metalldraht zwischen den Schenkeln der Glasfeder ausspannten, und den Ton desselben mit dem Ton einer Zither in Einklang brachten. Wurde nun die glühende Kohle einmal der konvexen Seite *a* und ein anderes Mal der konkaven *b* genähert, so ward der Ton im ersten Fall tiefer, im zweiten höher in Folge der geänderten Spannung.

Alle diese Versuche betrafen die Gestaltsveränderung der Körper bei ungleichförmiger Erwärmung derselben, oder für den Fall, wo die Wärme sich in ihnen noch nicht ins Gleichgewicht gesetzt hatte. Die Akademiker untersuchten indess auch die Wirkung einer gleichförmigen Erwärmung der Körper, und zeigten dabei auf verschiedene sehr augenfällige Weisen, daß diese Wirkung immer in einer Ausdehnung oder Volumenvergrößerung bestehe.

Für Glas war ihr Apparat etwas künstlich. Eine zu einem kreisrunden Ring geformte Glasröhre hatte zwei Eingufsöffnungen, und innerhalb des Ringes ein genau passendes Kreuz von Holzstäbchen. Wurde nun in den Glasring heißes Wasser gegossen, so paßte das Holzkreuz nicht mehr, sondern fiel heraus.

Für Metall verfahren sie verschieden. Entweder hatten sie einen Ring, der bei gewöhnlicher Temperatur genau auf einen Cylinder paßte und der also erwärmt darauf schlotterte, oder Kegel, die mit der Spitze in die Löcher einer Stahlplatte gesteckt wurden, und um so weniger tief hineingingen, je mehr sie erwärmt worden waren; oder sie nahmen einen Draht, befestigten daran eine Kugel und ließen diese bis dicht an einen horizontalen Spiegel herab. Bei Erwärmung des Drahtes näherte sich die Kugel sichtbar dem Spiegel und umgekehrt.

Die Methode mit dem Kegel wandten sie auch an, um die Ausdehnung des Holzes durch Feuchtigkeit zu erweisen. Ein Ring von Buchsbaumholz wurde auf einen Metallkegel geschoben, erst trocken und dann nachdem er drei Tage in Wasser gelegen hatte. Eine Marke am Kegel zeigte nun, daß er sich jetzt viel weiter aufschieben ließ.

177. Kap. VI hat zum Inhalt die Zusammen-drückbarkeit des Wassers. Die Versuche darüber waren sämtlich unfruchtbar, und konnten auch kein reines Resultat geben, da man kein Mittel auffand die Ausdehnung der Gefäße zu verhindern, in denen man das Wasser komprimiren wollte. Einer der Versuche bestand darin, daß man das Wasser in eine silberne Kugel einschloß, die man durch Hämmern auf ein kleineres Volumen zu bringen hoffte; der Erfolg war aber, daß bei diesem Hämmern die Silberkugel Poren bekam, aus welcher das Wasser herausspritzte. Erst in neuerer Zeit ist erwiesen, daß auch tropfbare Flüssigkeiten durch mechanische Gewalt zusammendrückbar sind, obwohl in einem weit geringeren Grade als Gase.

Versuche zum Beweise des Nichtdaseins einer positiven Leichtigkeit erfüllen Kap. VII. Die Erscheinungen des Aufsteigens von Rauch in der Luft, von Holz in Wasser u. dgl. m. hatten unter den alten Physikern die wunderliche Lehre erzeugt, daß es absolut

leichte Körper gebe, und daß sie sich vermöge dieser angeborenen Leichtigkeit in anderen erhöhen, die nicht mit dieser Eigenschaft begabt seien. Diese Lehre fand noch in der Mitte des XVII. Jahrhunderts ihre Anhänger, obgleich schon Galilei und Torricelli dagegen gekämpft und gezeigt hatten, daß jenes Aufsteigen nur hervorgehe aus dem Druck des umgebenden specifisch schwereren Mittels.

Die Akademiker del Cimento suchten nun die positive Leichtigkeit dadurch zu widerlegen, daß sie zeigten, wie mit Aufhebung dieses Drucks auch das Steigen der sogenannten leichten Körper aufhöre. Sie richteten es nämlich so ein, daß ein Körper nur von den Seiten her den Druck des specifisch schwereren Mediums erleiden konnte, der Druck von unten her aber fortgenommen war, und da sahen sie denn, daß das Steigen nicht erfolgte.

Sie verschafften sich eine Holzbüchse mit vollkommen ebenem Boden, und einen Holzcylinder mit vollkommen ebener Grundfläche; der Cylinder hatte einen beträchtlich kleineren Durchmesser als die Büchse. Sie stellten ihn nun in die Büchse, und gossen in den Zwischenraum vorsichtig Quecksilber bis nahe zum oberen Rand, und siehe da, der Cylinder hob sich nicht! Einen ähnlichen Versuch machten sie mit einer elfenbeinernen Kugel, die bis zur Hälfte in eine genau passende kugelförmige Schale von demselben Material gelegt war; auch hier hob darauf gegossenes Quecksilber die Kugel nicht von ihrer Unterlage ab. So wie indeß das Quecksilber nur ein wenig Gelegenheit hatte unter den Cylinder oder die Kugel zu kommen, so wurde der eine wie die andere natürlich sogleich gehoben. Dadurch war also der Grund des Steigens von Körpern in specifisch schwereren Mitteln demonstriert.

Kap. VIII, Versuche über den Magnet und Kap. IX, Versuche über den Bernstein enthalten wenig Eigenthümliches. Nur im neunten Kapitel findet sich eine bemerkenswerthe Thatsache, nämlich die, daß die elektrische

Kraft des geriebenen Bernsteins zerstört wird, wenn man ihn um eine Flamme herumführt.

Auch Kap. X, das von den Farbenveränderungen einiger Flüssigkeiten handelt, enthält nichts Bemerkenswerthes, allenfalls könnte es von Interesse sein zu wissen, daß die Akademiker die Röthung der Lackmuspinktur und ähnlicher Flüssigkeiten durch Säuren, z. B. Citronensaft, Schwefelsäure, sowie die Herstellung der blauen Farbe durch Kalilösung (*Oleum tartari*) u. s. w. schon gekannt haben.

Kap. XI enthält die Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, welche, obwohl dieselben sich in den *Saggi* beschrieben finden, schon vor der Stiftung der Akademie im J. 1656 angestellt wurden, woran namentlich *Borelli* und *Viviani* sich betheiligten.

Die Methode war die schon von *Gassendi* und *Mersenne* angewandte, daß man die Zeit zwischen Blitz und Knall eines in einer gemessenen Entfernung abgefeuerten Geschützes beobachtete. Man führte indeß die Methode genauer aus, und kam dadurch der Wahrheit näher. Man fand 1111 par. Fuß in der Sekunde, während die wahre Geschwindigkeit nach *Möll* und *v. Beek* 1022,8 p. F. bei 0° ist (§ 135). Auf die Temperatur wurde nicht Rücksicht genommen, auch mochte die mit einem Pendel gemachte Zeitbestimmung nicht genau sein. Wie *Gassendi* fand man, daß der Wind keinen Einfluß auf die Schallgeschwindigkeit habe, er mochte mit oder gegen den Schall gehen, was natürlich nicht streng richtig sein kann.

Kap. XII giebt die Versuche mit Projektilen. Hier prüften die Akademiker zunächst den von *Galilei* aufgestellten Satz, daß eine in gewisser Höhe horizontal abgeschossene Kugel in derselben Zeit den Boden erreicht, in welcher sie ihn senkrecht herabfallend durch bloße Wirkung der Schwerkraft erreicht haben würde. Sie machten die Versuche zu Livorno auf einem 50 Ellen hohen Thurm der Festungswerke am Meere. Sie schossen Kugeln

von verschiedenem Kaliber in horizontaler Richtung nach der Meerseite hin ab, und beobachteten genau, wann sie ins Wasser fielen. Dann ließen sie Kugeln vom Thurm senkrecht herabfallen, und beobachteten auch die dazu erforderliche Zeit. Beide Zeiten erwiesen sich gleich.

Eine zweite Untersuchung betraf den Widerstand der Luft. Galilei hatte, wie schon früher erwähnt, vorausgesetzt, daß, wenn man eine Kugel senkrecht herabschleife, einmal aus einer kleinen, das andere Mal aus einer großen Höhe, ihre Geschwindigkeit im letzteren Falle geringer sein würde als im ersten, obgleich bei dem Schusse aus großer Höhe noch die Fallgeschwindigkeit mitwirkt. Er hatte dies als eine Folge des Widerstandes der Luft bezeichnet, welcher bei dem Schusse aus großer Höhe vermöge des längeren Weges durch die Luft wirksamer sein muß als bei dem Schusse aus kleiner Höhe.

Die Akademiker prüften diese Divination ihres großen Lehrers durch den Versuch, indem sie Kugeln von gleichem Gewicht und mit gleicher Ladung aus verschiedenen Höhen senkrecht auf eine Eisenblech-Tafel herabschossen. Immer fanden sie, daß die Eindrücke, welche die Kugeln auf dieser Tafel machten, bei denen aus großer Höhe schwächer waren als bei denen aus kleiner.

Kap. XIII berichtet über verschiedene Versuche. Unter diesen, die nicht allein ihrem Gegenstand, sondern auch ihrem Werthe nach sehr verschiedenartig sind, verdienen, außer dem schon angeführten über die Konstanz der Temperatur des schmelzenden Eises, nur die über das Licht einige Erwähnung. Sie bezweckten zunächst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts zu messen.

Galilei hatte zu diesem Behuf vorgeschlagen, es möchten sich zwei Beobachter in einer gewissen Entfernung von einander aufstellen, beide versehen mit Lichtern oder Lampen, die durch einen Schieber verdeckt und aufgedeckt werden können. Beide sollten anfänglich die Lampen verdecken, hierauf der Eine zu einem festgesetzten Moment den Schieber seiner Lampe fortziehen,

und der Andere an seiner Lampe die Operation wiederholen, sobald er das Licht der ersten erblickt. Dann wäre das Intervall zwischen dem Moment, wo der erste Beobachter seine Lampe aufdeckte und dem, wo er das Licht des Anderen erblickte, die Zeit, welche das Licht gebrauchte, um die doppelte Entfernung der Beobachter zu durchlaufen.

Die Akademiker führten diesen im Princip ganz richtigen Vorschlag für einen Abstand von einer Miglie zwischen den beiden Beobachtern aus, allein ohne Erfolg; wie wir jetzt wissen aus dem sehr natürlichen Grunde, weil die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichts viel, viel zu groß ist, als daß wir dieselbe für irgend eine auf der Erde mögliche Entfernung messen könnten selbst durch die schärfsten Mittel, geschweige denn durch ein so rohes Verfahren, wie das eben genannte.

Endlich finden sich in diesem Kapitel noch einige Beobachtungen über die Wirkung der Brennspiegel und über die Phosphorescenz.

Von den Brennspiegeln bemerken die Akademiker, daß man mittelst derselben zwar das weißeste holländische Papier und Leinen verbrennen könne, daß sich aber doch weiße und farblose Körper im Allgemeinen viel schwerer entzünden lassen, als gefärbte und dunkle, und daß Weingeist gar nicht zu entzünden sei. Was endlich die Phosphorescenz betrifft, so beschränkte sich ihre Angabe darauf, daß Zucker oder Steinsalz im Dunkeln beim Zerstoßen oder Reiben ein helles Licht entwickeln, daß aber anderen Körpern wie Bernstein, Alaun, Salpeter u. s. w. diese Eigenschaft abgeht.

Phosphorescenz.

178. Ob obige grade die ersten Beobachtungen dieser Art von Phosphorescenz seien, muß ich dahin gestellt sein lassen, aber soviel ist gewiß, daß andere Klassen von Phosphorescenzen schon längst bekannt waren. So kannten Aristoteles und Plinius das Leuchten lebender Geschöpfe und faulender Substanzen, wie das Leuchten

der See, der Pholaden, gewisser Fische und Insekten, welche beide Arten von Phosphorescenzen an **Thomas Bartholin** im XVII. Jahrhundert zum Theil schon vor der Acc. del Cimento einen genauen Beobachter fanden, wie sein Werk: *De luce animalium*, Hafn. 1669 bekundet ¹⁾).

Aber auch die dem Physiker näher liegende Phosphorescenz durch Insolation oder Bestrahlung war um diese Zeit schon bekannt. So spricht **Plinius**, freilich in etwas fabelhafter Weise von leuchtenden Edelsteinen, Carbunculus, Chrysolampis, Selenites, und wenn diese Angaben auch für uns unverständlich bleiben, weil wir nicht wissen, was für Steine mit diesen Namen gemeint sind, so ist doch sicher, daß **Albrecht v. Bollstädt** (**Albertus Magnus**) schon wußte, daß der Diamant leuchtet, wenn man ihn mäßig erwärmt ²⁾).

Aber es gab um die Zeit der Acc. del Cimento noch eine viel jüngere Entdeckung in diesem Gebiet, welche in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts viel Aufmerksamkeit erregte. Es ist die Entdeckung des bononischen oder bologneser Phosphors oder Leuchtsteins. Sie wurde zufällig gemacht von **Vincenzo Cascariolo**, einem Schuster zu Bologna, der zu **Galilei's** Zeit lebte. Er unterwarf zum Behuf der Darstellung eines chemischen Arkanums Stücke von einem am Fusse des Berges Paterno brechenden Steine der Kalcination zwischen Kohlen, und machte nun die Beobachtung, daß der also kalcinirte Stein im Dunkeln leuchte, wenn er vorher eine Zeit lang im Licht gelegen habe.

Die Entdeckung dieses Leuchtsteins wird gewöhnlich in das J. 1630 verlegt, wiewohl Einige z. B. **Heinrich** sie schon in die Jahre 1602 bis 1604 versetzen. **Jul. Caesar La Galla** erwähnt den bononischen Stein schon in seinem *De phaenomenis in Orbe Lunae*, Venet. 1612, und sagt daselbst, **Galilei** habe in einem Gespräch mit ihm Zweifel über die unkörperliche Qualität des Lichts geäußert, und

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 115.

²⁾ Placid. Heinrich, Die Phosphorescenz der Körper S. 9.

sich dabei auf die Eigenschaften des bologneser Steins berufen. Die Entdeckung desselben erregte, wie schon gesagt, im weiteren Verlauf des XVII. Jahrhunderts viel Aufmerksamkeit. Ein gewisser **Fortunio Liceti** gab darüber eine eigene Schrift heraus: *Litheophosphorus s. de lapide bononiensi in tenebris lucente*, *Utini 1640*, und Pater **Kircher** handelt in seiner *Ars magna lucis et umbrae* auch weitläufig davon.

Sie weckte aber auch mehrfach das Streben zu ähnlichen Entdeckungen, so daß **Heinrich**, ein neuerer Physiker gar meint, man könne die zweite Hälfte des XVII. Jahrhunderts billigerweise die phosphorische Epoche der Naturlehre nennen. Dagegen möchte sich wohl einwenden lassen, daß die Physik jener Epoche mit ganz anderem Lichte geblänzt habe, als mit dem schwachen Schein jener künstlichen Phosphore, aber wahr ist es, daß im Laufe des XVII. Jahrhunderts mehrere Substanzen entdeckt wurden, die, wie der bononische Stein, die Fähigkeit haben nach Bestrahlung durch Licht im Dunkeln zu leuchten, ohne daß dieses Leuchten durch einen Verbrennungsproceß bewirkt wird.

Der bononische Stein ist, wie wir jetzt wissen, Schwefelbaryum, entstanden aus der Reduktion des Schwerspaths durch Kohle. Ihm folgte der **Balduin'sche Phosphor**, entdeckt 1675 von **Christoph Adolph Balduin**, Amtmann zu Großenhain in Sachsen. Sein Präparat war muthmaßlich basisch salpetersaure Kalkerde. Dann kam der **Homborg'sche**, basisches Chlorcalcium, entdeckt 1693 von **Homborg**, und endlich der **Canton'sche**, entdeckt 1768 vom Engländer **Canton** und seiner Zusammensetzung nach Schwefelcalcium.

Zwischen die Zeiten der Entdeckung aller dieser Phosphore oder Lichtsauger fällt die Entdeckung des Körpers, den man jetzt vorzugsweise Phosphor nennt, und ehemals Harn- oder Urinphosphor nannte, durch den zurückgekommenen hamburger Kaufmann **Brand** im J. 1669, nach **Leibnitz** 1677.

Wärmekapazität.

179. Mit dieser Digression in die frühere Geschichte der Phosphorescenz würde ich füglich den Abriss der Leistungen unserer Akademie schliessen können, da ich den Hauptinhalt ihrer Saggi ziemlich vollständig aus einander gesetzt habe, wenn nicht ein mit der neuen Auflage dieses Werks veröffentlichter Auszug aus den Tagebüchern der Akademie mir noch Gelegenheit zu einem kleinen Nachtrag gäbe. Aus diesen Auszügen ersieht man, daß das in den Saggi Veröffentlichte nur eine Auswahl der von den Akademikern angestellten Versuche enthält, und daß sie ausser diesen noch eine sehr große Anzahl anderer, freilich meistens über dieselben Gegenstände unternahmen, die sie wohl noch nicht reif hielten für die Bekanntmachung.

Unter diesen sind einige, aus welchen hervorgeht, daß die Akademiker sowohl von der Wärmeleitung als von der Wärmekapazität oder specifischen Wärme einige Kenntniss hatten. Was namentlich die letztere betrifft, die in den Tagebüchern sogar mit dem Namen Kapazität belegt wird, so beobachteten sie darüber folgende Erscheinungen:

Sie machten sich, was wir hier zum ersten Male erfahren, ein Quecksilberthermometer und ein Wasserthermometer von gleicher Grösse, wie ihre gewöhnlichen Weingeistthermometer, und stellten beide in eine beträchtliche Masse kalter oder warmer Flüssigkeiten. Da sahen sie denn das Quecksilberthermometer rascher fallen oder steigen als das Wasserthermometer, obwohl der Betrag des Fallens oder Steigens bei ihm kleiner war als bei letzterem.

Die zweite Erscheinung ist diese: Sie gossen gleiche Massen verschiedener Flüssigkeiten, die bis zu gleichem Grade erwärmt waren, auf Eis, und da beobachteten sie, daß die Menge des geschmolzenen Eises nach der Natur der Flüssigkeit sehr verschieden war.

Kapillarität.

180. Die *Saggi* der Acc. del Cimento umfassen nicht die ganze Thätigkeit der Mitglieder dieser Körperschaft, vielmehr gaben einige der Mitglieder sowohl wie der Korrespondenten der Akademie anderweitige physikalische Schriften heraus, mit denen wir uns auch bekannt machen müssen, um ihre Verdienste um die Fortbildung der Wissenschaft vollständig zu würdigen. Unter diesen Arbeiten will ich nur die über Kapillarität und verwandte Gegenstände etwas näher betrachten, um die bereits früher angedeutete Geschichte derselben zu ergänzen.

Wer eigentlich die Erscheinungen der Kapillar-Attraktion zuerst beobachtet und beachtet hat, namentlich das Aufsteigen der Flüssigkeiten in sehr engen Röhren, den sogen. Haarröhren, ist nicht mit voller Gewißheit anzugeben. Pascal kannte die letztere Erscheinung noch nicht, wie deutlich aus einer Aeußerung in seinem *Traité de l'équilibre des liquides* hervorgeht, wo er sagt, homogene Flüssigkeiten setzten sich in kommunizirenden Röhren immer ins Gleichgewicht, wie auch der Durchmesser dieser Röhren beschaffen sei ¹⁾. Dieser *Traité* erschien 1663 nach Pascal's Tode, und scheint der Herausgeber ebensowenig Kenntniß von anderweitigen Arbeiten über die Kapillarität gehabt zu haben, denn er schreibt die Entdeckung des Ansteigens der Flüssigkeiten in Haarröhrchen einem Jesuiten Joh. Rho aus Mailand zu, der 1662 zu Rom starb. Daß dieser aber nicht der erste Entdecker ist, läßt sich verbürgen. Viel früher als er hat Aggiunti die Erscheinung beobachtet, der aber nicht Mitglied der Acc. del Cim. war, sondern schon lange vor deren Stiftung im J. 1635 als Professor der Mathematik in Pisa starb (§ 163).

Aber auch Aggiunti hätte hier nicht die Priorität, wenn es wahr ist, was wir übrigens nicht zu bezweifeln Ursache haben, daß schon Leonardo da Vinci die hierher

¹⁾ Libri, Hist. etc. II, 249; Busch, Handb. d. Erfindungen VI, 7.

gehörige Beobachtung machte. Libri¹⁾ beruft sich dieserhalb auf die in Paris aufbewahrten Manuskripte des großen Malers, die ich leider nicht einsehen konnte, um zu beurtheilen, wie weit eigentlich die Beobachtung desselben reichte.

Wenn indess die Kapillarwirkung enger Röhren im Allgemeinen schon zu Anfang des XVI. Jahrhunderts einzelnen Physikern in Italien bekannt war, so ist doch gewiß, daß die Erscheinung erst um die Mitte des XVII. Jahrhunderts genauer untersucht wurde. Hier ist vor Allem Borelli zu nennen, der in seinem Werke: *De vi percussione et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus* u. A. auch die Kapillarwirkungen in Betracht zieht. Das Werk ist zwar erst 1670 zu Reggio erschienen, nach des Verfassers eigener Angabe sind aber die darin beschriebenen Versuche schon 1655 angestellt. Dies ist nicht in Zweifel zu ziehen, da wir wissen, daß das Werk bereits zu den Lebzeiten der Acc. del Cim. vollendet war, und Borelli grade darum mit dem Fürsten Leopold zerfiel, daß er es nicht, wie dieser wünschte, den Saggi einverleiben wollte. Auch hat Borelli ja an den Versuchen theilgenommen, wodurch die Akademiker bewiesen, daß nicht der Luftdruck die Ursache der Kapillarität sei.

In jenem Werke finden sich manche bemerkenswerthe Beobachtungen:

1) daß das Ansteigen von Flüssigkeiten, namentlich Wasser, in Haarröhrchen schneller und höher geschehe, wenn die Röhre feucht ist;

2) daß die Flüssigkeit auch in dem Röhrchen hängen bleibt, wenn man es ganz aus der Flüssigkeit herauszieht; daß die so getragene Flüssigkeitssäule ebenso lang ist, wie wenn das Röhrchen die Flüssigkeit berührt; daß sich an der herausgezogenen Röhre unten ein Tropfen bildet, wenn die Säule in der Röhre länger ist als die, welche, wie in

¹⁾ Hist. des sciences math. en Italie III, 54.

dem zuvor genannten Fall, durch freiwilliges Erheben entsteht; daß man den Tropfen fortnehmen könne, ohne die Länge der Säule zu ändern, und endlich daß, wenn die Säule kürzer ist als jene des Ansteigens, und man einen Tropfen unten an die Röhre bringt, dieser hineingezogen wird. — Aus dem Allen schloß **Borelli**, daß die Kapillar-Erscheinungen nicht vom Luftdruck bedingt werden.

3) Als **Borelli** ferner untersuchte, wie stark sich ein und dieselbe Flüssigkeit in Röhren von verschiedener Weite erhebe, fand er das Gesetz, daß sich die Höhen des Ansteigens umgekehrt verhalten wie die Durchmesser der Röhren, oder daß $h : h' = d' : d$, wenn h und h' die Höhen und d , d' die entsprechenden Durchmesser sind.

4) **Gilbert's** oder eigentlich **Norman's** Beobachtung, daß Stahl- oder Eisennadeln vorsichtig auf Wasser gelegt, darauf schwimmen bleiben, veranlaßte **Borelli** diesen Erscheinungen weiter nachzugehen. Er verschaffte sich zwei kleine Messingplatten, die mit Stielen versehen waren. Diese legte er vorsichtig auf Wasser, wo sie schwimmen blieben. Darauf näherte er sie mittelst der Stiele einander, und da sah er denn, daß sie innerhalb eines gewissen Abstandes einander anzogen; auch beobachtete er, daß das Wasser zwischen beiden Platten einen Berg bildete, und daß überhaupt die Platten sich in dasselbe senkten, oder das Wasser gegen sie eine konvexe Oberfläche bildete.

Denselben Versuch wiederholte er mit zwei ähnlichen Holzplatten, und beobachtete, daß das Wasser rings um dieselben eine konkave Oberfläche bildete, daß demzufolge, wenn er die Platten hinreichend nahe brachte, zwischen beiden eine Vertiefung entstand, aber auch in diesem Fall eine gegenseitige Anziehung der Platten erfolgte.

Nun nahm er eine Messing- und eine Holzplatte, und brachte sie mittelst der Stiele ziemlich nahe aneinander. Da sah er dann, daß die Flüssigkeit zwischen beiden eine konvex-konkave Gestalt besaß, und daß, wenn er die Stiele losliefs, eine Abstosung zwischen den Platten erfolgte.

Diese Versuche waren es namentlich, die **Borelli** 1655 dem Großherzog Ferdinand II. und dem Fürsten Leopold zeigte und verschiedentlich modificirte. So u. A. nahm er statt der Messingplatten zwei Glasplatten und beobachtete dabei, daß, nachdem sie miteinander in Berührung gekommen waren und er alsdann die eine heraus hob, die andere daran hängen blieb und daran herabrutschte ohne abzufallen, wenn er jene neigte. **Borelli** gab sich viel Mühe den Grund dieser Erscheinung aufzufinden, aber dies gelang ihm ebenso wenig als er zu erklären vermochte, weshalb zwei Quecksilberkügelchen, die zur gegenseitigen Berührung gebracht sind, zu einem einzigen Kügelchen zusammenfließen ¹⁾. Ueberhaupt war **Borelli** in der Theorie der Kapillar-Phänomene nicht glücklich. Das einzige Richtige darin ist, was er schon experimentell darthat, daß diese Erscheinungen nicht vom Luftdruck bedingt werden.

181. Aufser **Borelli** beschäftigten sich noch mehrere Physiker jener Zeit mit den Kapillarovorgängen, so z. B. **Honoré Fabri**, **Isaac Vofs**, **Robert Boyle** und **Montanari**, im Ganzen aber haben diese den von **Borelli** gemachten Beobachtungen wenig Neues hinzugefügt. Was **Fabri** betrifft, den wir schon früher kennen gelernt haben (§ 165), so spricht er von der Kapillarität in seiner *Physica in decem tractatus distributa*, Lugd. 1669. Er ist noch der Meinung, daß sie eine Wirkung des Luftdrucks sei, und die einzig beachtenswerthe Beobachtung von ihm wäre, wenn er sie wirklich zuerst gemacht hat, daß das Wasser niemals oben zu einem Haarröhrchen herausfließt, eine Thatsache, die später noch oft übersehen ist.

Von dem Holländer **Isaac Vofs** (**Vossius**), den ich bereits bei den optischen Arbeiten von **Descartes** erwähnte (§ 139), wäre bloß anzuführen, daß er die Depression des Quecksilbers in Haarröhrchen kannte. Sonst enthält seine Arbeit nichts Neues, denn seine Erklärungen der Kapillar-Erscheinungen durch die Viskosität der Flüssigkeiten kann

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 319, 320.

wohl nicht dafür angesehen werden. Seine hierher gehörigen Beobachtungen hat er angegeben in dem Werk: *De Nili aliorumque fluminum origine, Hagae 1666.*

Was Robert Boyle betrifft, so werde ich später noch auf ihn zurückkommen, es bliebe mir hier also nur noch Montanari zu betrachten übrig, dessen ich schon früher als Begleiter von Paolo del Buono und als Korrespondent der Acc. del Cimento ehrenvoll gedachte (§ 160, 164).

Geminiano Montanari wurde 1633 zu Modena geboren, wo er auch seine Bildung erhielt. Er muß wohl nicht ohne Vermögen gewesen sein, denn nachdem er mit P. d. Buono die Reisen in Oesterreich gemacht hatte, sehen wir ihn längere Zeit in Florenz als Privatmann den Wissenschaften leben, und erst 1661 nahm er von Alfons IV., Herzog von Modena, den Titel eines Hof-Philosophen und Hof-Mathematikers an. Nach dem noch in demselben Jahre erfolgten Tode dieses Protektors lebte Montanari einige Jahre beim Grafen Cornelio Malvasia, einem bologneser Senator und Beförderer der Astronomie, dem die Italiener wohl die Erfindung des Mikrometers zuschreiben, da er zur Messung kleiner Abstände zwischen den Himmelskörpern ein Gitter von Silberdraht in seinem Fernrohr ausgespannt hatte, wie aus seinen im J. 1662 gedruckten Ephemeriden hervorgeht ¹⁾.

Als auch Malvasia starb, nahm Montanari im J. 1664 die Professur der Mathematik in Bologna an, die er 14 Jahre mit Auszeichnung verwaltete und dann mit einer ähnlichen in Padua vertauschte, wo er 1687 starb.

Montanari hat eine beträchtliche Anzahl physikalischer Schriften verfaßt, die sich alle durch Form und Inhalt sehr auszeichnen. Diejenige, welche mich hier zunächst veranlaßt seiner zu gedenken, führt den Titel: *Pensiere fisiche e matematiche*, und ist zu Bologna 1667 erschienen. Montanari behandelt darin die Kapillar-Erscheinungen in ziemlich ähnlicher Art wie Borelli, den er auffallender

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 100.

Weise nicht erwähnt, obwohl er andererseits Fabri, Boyle und Grimaldi citirt; er muß auch Borelli's Versuche gekannt haben, wenn dessen Werk, wie angegeben, auch erst später 1670 erschien.

Glasthränen.

182. Ein anderer Gegenstand der Untersuchungen Montanari's waren die wunderbaren Eigenschaften der damals noch neuen Glastropfen, über welche er im J. 1670 eine kleine Schrift: *Speculazioni fisiche sopra gli effetti dei vetri temperati* herausgab.

Bekanntlich bilden sich die sogen. Glastropfen oder Glasthränen, *Lacrymae vitreae*, wenn man flüssiges Glas tropfenweise in kaltes Wasser fallen läßt. Das schnell erkaltende Glas gesteht dann zu birnförmigen an einem Ende zugespitzten Gestalten, welche die in der That sehr auffallende Eigenschaft besitzen, daß sie auf dem bauchigen Theil beträchtlich starke Hammerschläge ohne Schaden aushalten, dagegen augenblicklich in Staub zerfallen, sobald vom Stiel die Spitze abgebrochen wird. Etwas verschieden von den Glasthränen sind die Glaswürmer, *vermiculi vitrei*, welche entstehen, wenn man geschmolzenes Glas fadenartig in kaltes Wasser fließen läßt, wobei es von selbst eine spiralförmige Windung annimmt. Auch diese Würmer zerspringen in Staub, wenn man die Spitze von ihnen abbricht.

Wer die Entdeckung der Glasthränen und Glaswürmer gemacht hat, ist nicht bekannt. Aller Wahrscheinlichkeit nach war sie eine Sache des Zufalls, und die Erscheinung vermuthlich in mancher Glashütte längst bekannt, ehe sie die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zog. Nach dem Zeugniß des Subrektor Schulenburg an der Domschule in Bremen wären die Glasthränen schon ums J. 1625 auf mecklenburgischen Glashütten bekannt gewesen, und wie Samuel Reyher, Professor zu Kiel versichert, hätte auch schon ein Glasermeister zu Hamburg im J. 1637 solche Glasthränen besessen. Indefs sah Reyher selbst die

ersten Glasthränen im J. 1656 zu Leyden, und in demselben Jahre wurden zu Paris von mehreren Gelehrten, Gassendi, Monconys u. A. Versuche mit solchen Thränen angestellt, die ebenfalls aus Holland stammten ¹⁾).

Es scheint demnach, daß wenn auch die Glasthränen schon früher in Deutschland einzelnen Leuten des Gewerbestandes bekannt waren, sie doch von Holland aus zuerst in die physikalische Welt übergingen. Daher kommt es, daß sie früher mehr als jetzt batavische Glaspfen genannt wurden. In Holland lernte sie auch der Prinz Ruprecht kennen. Dieser, der dritte Sohn des Kurfürsten Friedrich V. von der Pfalz und der Elisabeth, Tochter Jakob's I. von England, brachte sie 1661 zuerst nach England, und dies gab Veranlassung, daß man sie dort Prinz Ruprecht's Tropfen nannte. Der König Carl II. übergab die Glasthränen den Mitgliedern des Gresham College zur Untersuchung, welche diese auch recht umsichtig ausführten. Die Versuche, welche so ziemlich Alles enthalten, was wir heute von den Eigenschaften der Glasthränen wissen, wurden 1661 von Robert Moray beschrieben ²⁾).

Montanari's Schrift hat dem experimentellen Theile dieser Untersuchung nichts von Bedeutung hinzugefügt, sondern denselben nur bestätigt; ihm gebührt aber wohl das Verdienst, wenn auch nicht gerade wie Hobbes zuerst, eingesehen zu haben, daß die auffallenden Eigenschaften dieser Glaskörper von einer starken Spannung der äußeren Glasschicht herrühren. Die Glasthränen sind übrigens sowohl von gleichzeitigen als späteren Physikern vielfach in Untersuchung genommen, von Redi, Hobbes, Hooke, Maignan, Bosc d'Antic, Sturm u. s. w., ohne unsere Kenntniß über dieselben wesentlich vermehrt zu haben.

Sehr verwandt den Glasthränen sind die Springkolben oder bologneser Fläschchen. Es sind dies kleine Kolben aus weißem oder grünem Glase und zwar von

¹⁾ Busch, Handb. d. Erfind. V, 256.

²⁾ Busch, Handb. V, 258; Fischer, Gesch. I, 288.

die dicken Wänden, die rasch an der Luft abgekühlt worden sind, aber so, daß sie innen rascher erkalten als außen. Dadurch wird ihre innere Oberfläche in eine starke Spannung versetzt, und in Folge deß zeigen sie die auffallende Eigenschaft, daß sie von außen einen ziemlich starken Schlag ohne Nachtheil aushalten, dagegen aber sogleich in tausend Stücke zerspringen, sobald man einen spitzen Körper z. B. einen kleinen Feuerstein hineinwirft, der im Stande ist die innere Oberfläche zu ritzen.

Diese Springkolben sind wohl neueren Ursprungs und unstreitig zuerst auf den Glashütten in der Nähe Bologna's angefertigt. Die Physiker lernten sie erst 1740 kennen durch Paolo Bapt. Balbi, Professor der Physik zu Bologna (gest. 1770), der sie in den Schriften des Bologneser Instituts beschrieb.¹⁾

Sprachrohr.

183. Ein anderer Gegenstand, über den mich zu verbreiten ich hier noch Anlaß habe, weil auch mit ihm sich Montanari beschäftigte, ist das Sprachrohr. Montanari hat darüber eine Schrift verfaßt betitelt: *Discorso sopra la Tromba parlante, opus posth. 1715*. Ich kenne von dieser Schrift nur eben den Titel, kann also nicht sagen in wie weit der Inhalt dem Titel entspricht, allein ich muß hinzufügen, daß zu Montanari's Zeiten das Sprachrohr in seiner jetzigen Gestalt bereits erfunden war.

Einige Schriftsteller wollen dieser Erfindung ein ziemlich hohes Alter geben. Einige schreiben sie dem Porta zu, jedoch mit Unrecht, denn das Rohr, von dem dieser in seiner *Magia nat.* redet, war kein Sprachrohr, sondern ein Hörrohr. Der Pater Kircher ist noch weiter gegangen. Während er in seinen früheren Schriften *Ars magna lucis etc.* und *Musurgia universalis 1650* auch nur von Hörrohren spricht, da dieselben zugleich an den Mund des Redenden und an das Ohr des Hörenden gesetzt wurden, behauptet

¹⁾ Busch, Handb. II, 122.

er in einer späteren Ausgabe von 1671 des ersteren Werks, er habe aus einer Handschrift des *Aristoteles: De secretis ad Alexandrum Magn.* gesehen, daß sich schon Alexander d. Gr. eines Sprachrohrs bedient habe, um sein Heer aus der Ferne zu kommandiren.

Er giebt sogar eine Abbildung von diesem Horn und sagt, es habe auf eine Entfernung von 100 Stadien d. i. $2\frac{1}{4}$ deutsche Meilen verständlich machen können. Diese Angabe Kircher's hat später zu manchen gelehrten Diskussionen Anlaß gegeben; Einige sind ihr beigeppflichtet, Andere haben sie geradezu verworfen. Allerdings ist Kircher kein zuverlässiger Schriftsteller, aber ganz aus der Luft gegriffen hat er hier doch auch nicht; das Werk, woraus er geschöpft haben will, existirt wirklich, es ist aus dem Arabischen ins Lateinische übersetzt, und 1516 zu Bologna gedruckt worden.¹⁾ Ein glaubwürdiger Schriftsteller Morhof, der gegen Ende des XVII. Jahrhunderts lebte, hat es gesehn, und sogar einen mit Kircher's Angabe ziemlich gleichlautenden Auszug daraus mitgetheilt. Nur stammt jenes Werk allerdings nicht von Aristoteles dem Stagiriten, sondern entweder von einem späteren Griechen gleichen Namens, oder ist ein jenem untergeschobenes. Auch ist, was wohl zu merken, gar nicht erwiesen, daß jenes Rohr zum Sprechen in die Ferne diene, und wenn Alexander d. Gr. wirklich dasselbe gebrauchte, was auch noch zweifelhaft ist, so kann es ebensowohl benutzt sein unartikulierte Signale zu geben, denn dazu gebrauchte man erwiesenermaßen vielfach im Alterthum Instrumente, wie wir dergleichen noch gegenwärtig bei den Wilden Amerikas finden.

Ein Rohr von der Form und den Dimensionen, wie das von Kircher abgebildete (es hat am einen Ende eine Breite von $\frac{1}{2}$ Fuß, am andern von 2 Fuß), kann zum Sprechen in die Ferne nicht angewandt werden. Dennoch hat Gottfried Huth, weil. Prof. der Physik an der aufge-

¹⁾ Fischer, Geschichte d. Phys. I, 99.

hoben an der Universität zu Frankfurt a. d. O. im J. 1796 ein solches aus Blech anfertigen lassen, und konnte sich damit wirklich auf 1500 Schritt verständlich machen, allein es wich doch einigermaßen in der Form von dem Kircher'schen ab, und für den Gebrauch des angeblichen alexandrinischen erweist es doch nichts.

Mit Sicherheit läßt sich die Erfindung des Sprachrohrs nicht weiter zurückführen als bis zu dem Engländer Samuel Moreland, der dasselbe im J. 1670, also noch zu Montanari's Lebzeiten, beschrieb in seiner *Description of the tuba stentorophonica*, Lond. 1671. Er verfertigte es anfangs aus Glas, später von Kupfer, ganz in der konischen Form, die man nach mancherlei Abänderungen noch jetzt für die beste hält, und stellte damit in Gegenwart des Königs Carl II. und des Prinzen Ruprecht viele Versuche an. Kircher schreibt die Erfindung in dieser Form einem gewissen Seland zu, der sie schon 1654 gemacht haben soll, aber diese Nachricht ist nicht anderweitig verbürgt¹⁾.

Von Musschenbroek wird übrigens dem soeben erwähnten Moreland, auf den wir später noch einmal zurückkommen, auch die Erfindung des schiefen oder schrägen Barometers (Diagonalbarometer) zugeschrieben, einer zwar sinnreichen, aber gegenwärtig mit Recht außer Gebrauch gekommenen Abänderung des Barometers, die den Zweck hat, die Veränderungen des Quecksilbers sichtbarer zu machen, und zu dem Ende ein im oberen Theil schräg aufsteigendes Rohr hat. Moreland's Autorschaft in diesem Falle ist indess zweifelhaft; Derham, der es in den *Phil. Transact.* für 1698 beschreibt, sagt nur, daß er die Einrichtung von einem Freunde habe²⁾.

Nach Leupold³⁾ hätte der Italiener Bernadino Ramazzini, ein zu seiner Zeit sehr berühmter Arzt, Anspruch

¹⁾ Edinburgh Encyclopaedia I, 113.

²⁾ Edinb. Encyclop. III, 293.

³⁾ Gilb. Ann. II, 334.

auf diese Erfindung, und dieselbe in den *Ephemerides barometricae Mutini* beschrieben und abgebildet. Ich muß dies dahin gestellt sein lassen, aber möglicherweise könnte diese Angabe wohl richtig sein, denn **Ramazzini** (geb. 1633 zu Carpi, gest. 1714 als Prof. der Medicin zu Modena) war ein in der Physik wohl bewandeter Mann¹⁾. Ihm verdanken wir die ersten Nachrichten über die sogenannten artesischen Brunnen, die lange, ehe sie in die Grafschaft Artois eingeführt wurden, im Modenesischen üblich waren.

Zweite oder Newton'sche Periode.

184. In dem Vorangehenden haben wir von dem Moment an, wo **Galilei** den Schauplatz der Wissenschaft betrat und eine neue Aera für dieselbe begründete, bis zu der Epoche des Untergangs der *Accademia del Cimento*, also innerhalb eines Zeitraums von etwa 80 Jahren, den Entwicklungsgang der neueren Physik so vollständig verfolgt, als es die Kürze der auf diese Vorlesungen verwendbaren Zeit erlaubte.

Mit dem Untergang der florentiner Akademie hat auch die Glanzepoche Italiens in den physikalischen Wissenschaften ihr Ende erreicht. Zwar sehen wir in der Folgezeit noch immer einzelne sehr ausgezeichnete Männer dieses Landes das Gebiet der Physik nach verschiedenen Richtungen hin erweitern, ja wir finden sogar, daß Italien zur Zeit, als es seine thätige Akademie eingehen liefs, Frankreich mit Gelehrten versah, und somit gegen dieses Land eine ähnliche Rolle spielte, wie Frankreich in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts gegen Deutschland übernahm, und dieses späterhin bis auf den heutigen Tag in noch größerem Maßstab gegen Rußland.

Allein jene Auswanderung aus Italien ist nicht Folge einer Uebervölkerung in den geistigen Regionen, wie es

¹⁾ Tiraboschi, Storia della lett. ital. VIII, 483.

wohl bei uns in Bezug auf Rußland der Fall sein mag, sie war vielmehr die Folge des Drucks und der Hemmnisse, mit denen dort jede freie geistige Entwicklung zu kämpfen hatte. Mag auch noch hie und da ein Talent auftauchen, das goldene Zeitalter Italiens ist nun doch für die Wissenschaften vorüber, wie es für Kunst und Poesie schon früher abgeblüht war. Es traten nun andere Nationen auf den Schauplatz, und verdunkelten den Ruhm des Mutterlandes der europäischen Civilisation, indem sie in dessen Fußtapfen traten.

Von nun an sind es vorzugsweise, und bis in die neueste Zeit hinein, fast ausschließlich Engländer und Franzosen, welche sich der physikalischen Wissenschaften bemächtigten, und was man ohne Ungerechtigkeit gegen unsere und die übrigen Nationen germanischen Ursprungs bekennen kann, welche bei Weitem das Meiste zu deren Fortschritten beigetragen haben. Von England und Frankreich hat sich auch Deutschland überflügeln lassen, das im XVI. Jahrhundert und in den ersten Decennien des XVII. Jahrhunderts auf gleicher Stufe mit ihnen stand, ja durch Kopernikus und Keppler's Ruhm getragen, wohl den Vorrang behauptete. Von der Mitte des XVII. Jahrhunderts an hindurch durch das ganze XVIII. Jahrhundert nimmt es aber nur eine untergeordnete Stellung ein, und obgleich es in Aneignung der Kenntnisse des Auslandes nie zurückgeblieben ist, obgleich es im Felde der Astronomie und Chemie seine unverdrossenen Arbeiter aufzuweisen hat, so unterliegt es doch dem Vorwurf, die eigentliche Physik sehr vernachlässigt zu haben.

Deutschland hat während dieses ganzen Zeitraumes im Grunde nicht mehr, und nicht einmal so viel, zu den Fortschritten der Wissenschaft beigesteuert als das kleine Holland und Dänemark, oder das menschenarme Schweden. Erst in den neuesten Zeiten haben sich bei uns in dieser Beziehung die Verhältnisse günstiger gestaltet, und wenn wir aus mehreren erfreulichen Symptomen, aus der wachsenden Zahl derer, welche die Wissenschaft kultiviren, aus

dem erhöhten Streben die Natur nicht bloß aus Büchern, sondern an der Urquelle selbst zu studiren, wenn wir daraus einen Schluß auf die Zukunft ziehen dürfen, so geht die Physik bei uns noch ihrem Kulminationspunkt entgegen.

Leopoldinische Akademie.

185. Wer mit der allgemeinen Geschichte Deutschlands in diesem Zeitraume auch nur ein wenig vertraut ist, wird diese geringe Leistungsfähigkeit erklärlich finden, und von vornherein nicht viel erwarten. Eben war der dreißigjährige Krieg beendet, und welche tiefe Wunden er dem gesammten Vaterlande geschlagen hat, ist nur zu wohl bekannt; wo hätten nach so grausender Verheerung des Landes, nach Entvölkerung und Verarmung so vieler Städte, die Wissenschaften einen empfänglichen Sinn und eine kräftige Unterstützung finden sollen! Und doch — fast möchte man es ein Wunder nennen — schon vier Jahre nach dem westphälischen Frieden zeigten sich Spuren davon.

Im J. 1652, also zu einer Zeit, als noch weder an die *Accademia del Cimento*, noch an die Akademie zu Paris oder an die Royal Society in London gedacht wurde, trat in der kleinen am Main gelegenen Stadt Schweinfurt eine Gesellschaft zusammen mit dem Zweck, sich über medicinische, naturhistorische und physikalische Gegenstände zu unterhalten. Der kenntnißreiche Bürgermeister und Stadtphysikus von Schweinfurt **Joh. Lorenz Bausch** (geb. 1605, gest. 1665) war der Stifter dieser ersten naturforschenden Gesellschaft Deutschlands. Eine geraume Zeit bewahrte diese Gesellschaft den Charakter eines Privatvereins, aber mit dem J. 1670 fing sie an Schriften herauszugeben, und zwei Jahre später, also 1672, wurde sie von dem Kaiser Leopold zur Akademie erhoben, und bekam dabei den Namen *Academia caesareo-Leopoldina naturae curiosorum*.

Der Idee nach sollte diese Akademie eine allgemeine für ganz Deutschland sein, und da es damals an einem gemeinsamen Mittelpunkt gebrach, so wurde festgesetzt, daß das Präsidium nicht an einen bestimmten Ort gebunden sein sollte, sondern allemal dort, wo der jedesmalige Präsident seinen Wohnsitz hätte.

Akademien und gelehrte Gesellschaften sind offenbar nur für große Städte geeignet, die in sich selbst einen reichen Schatz von wissenschaftlichen Hilfsmitteln darbieten, und einen zahlreichen Verein von Gelehrten einschließen. Wenn die Mitglieder einer Gesellschaft über eine ganze Provinz oder wohl gar über ein großes Reich zerstreut leben, so fällt das hauptsächlichste Belebungsmittel, der persönliche Umgang und die mündliche Besprechung, entweder ganz fort oder wird doch sehr erschwert, und an ein gemeinsames Streben, an ein Zusammenwirken als Körperschaft, ist nicht füglich mehr zu denken.

Aus diesem Grunde vornehmlich ist denn auch die Leopoldinische Akademie der Naturforscher niemals zu rechter Kraft und Wirksamkeit gediehen, und vollends hat sie an Bedeutung verloren, seitdem in Berlin und München besondere Akademien für Preußen und Bayern gegründet worden sind. Sie existirt noch gegenwärtig, aber ihre Existenz beschränkt sich lediglich darauf, daß ab und zu aus den von der Regierung dazu angewiesenen Fonds ein Band von Abhandlungen gedruckt wird, die theils wegen ihres Inhalts, theils wegen Kostbarkeit der Kupfertafeln keinen anderweitigen Eingang in das Publikum zu finden wissen. Meist sind sie naturhistorischen Inhalts, und dasselbe gilt auch von der langen Bändereihe, welche die Akademie seit dem Jahre 1670 unter verschiedenen Titeln herausgegeben hat.

- 1) *Miscellanea curiosa* s. *Ephemerides* 1670 — 1706, XXX Vol.
- 2) *Ephemerides* 12 — 1722, V Vol.
- 3) *Acta phys. med.* 1722 — 1754, X Vol.

4) Nova Acta phys. med. 1754—1791, VIII Vol.

5) Verhandl. d. Leopold. Carol. Acad. d. Naturforsch., 1818—1846, XIII Vol.

Früher enthielten die Schriften neben medicinischen Abhandlungen auch eine nicht unbeträchtliche Zahl chemischer, die für die Zeit ganz schätzbar waren.

Außer dieser korporativen Thätigkeit äußert sich in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts der Sinn für das physikalische Studium auch durch die Bestrebungen Einzelner, aber die Zahl derselben ist sehr gering und man muß es gestehn, es sind sehr wenig hervorragende Männer darunter. Unter diesen nimmt offenbar **Otto v. Guericke** den ersten Platz ein, der, wiewohl er kein Physiker von Profession war, doch den entschiedensten Beruf dazu in sich trug.

Leistungen in Deutschland.

186. **Otto v. Guericke** ward geb. 1602 zu Magdeburg, wo schon sein Vater **Johann Schultheiß** und weltlicher Richter war. Der Sohn studirte anfangs die Rechte, erst auf der Universität Leipzig 1617, dann in Helmstädt 1620 und Jena 1621; hierauf besuchte er Leyden 1623, um dort Mathematik und Mechanik zu treiben, machte alsdann Reisen nach Frankreich und England, und kehrte dann in die Heimath zurück. Hier war er Zeuge der Zerstörung seiner Vaterstadt durch Tilly im J. 1631. Er hätte dabei fast sein Leben eingebüßt, und gerieth in die Gefangenschaft der Kaiserlichen, aus welcher er sich durch ein Lösegeld von 300 Rthlrn. loskaufte.

Späterhin trat er unter **Wilhelm**, Herzog von Sachsen-Weimar, in schwedische Dienste, und stieg bis zum Ober-Ingenieur der Festung Erfurt. Nach Auflösung dieses Verhältnisses trat er 1642 in die Dienste seiner Vaterstadt, welche ihn auch nicht lange darauf 1646 zum Bürgermeister wählte. Dieses Amt, bei welchem er sich große Verdienste um die Stadt erwarb, wie er sie denn im J. 1649 von einer starken Kontribution befreite, verwaltete er viele

Jahre hindurch. Aber 5 Jahre vor seinem Tode legte er es freiwillig nieder, und begab sich zu seinem Sohne nach Hamburg, wo er 1686 starb. Sein Leichnam wurde dort in der Nikolaikirche beigesetzt, später aber nach Magdeburg gebracht.

Guericke hatte ein entschiedenes Talent als Experimentator, und er stellt darin sowohl, wie überhaupt in seiner außerordentlichen Thätigkeit, für die Physik ein musterhaftes in Deutschland leider nur zu seltenes Beispiel auf. Von Galilei's und Torricelli's Arbeiten scheint er nichts gekannt zu haben, sondern durch eigenes Nachdenken auf die Erfindungen und Entdeckungen gekommen zu sein, durch welche sein Name in der Wissenschaft erhalten worden ist. Es scheinen vielmehr die Diskussionen der älteren und neueren Philosophen über die Existenz eines Vakuums es gewesen zu sein, welche ihn auf die Bahn seiner experimentellen Untersuchungen leiteten.

Um zu sehen, ob es ein Vakuum geben könne, füllte er ein Faß gänzlich mit Wasser, kehrte es mit dem Spund nach unten, setzte dort eine Spritze ein, und versuchte nun, ob sich das Wasser würde auspumpen lassen. Er dachte sich, das Wasser würde wegen seiner Schwere dem Stempel der Spritze folgen, und dadurch über dem Stempel ein Vakuum entstehen. Allein er sah sich getäuscht! Drei Männer, die er an der Spritze arbeiten ließ, vermochten mit vieler Anstrengung nur sehr wenig Wasser herauszupumpen, und dabei hörten sie während der ganzen Arbeit in allen Theilen des Fasses ein Singen, wie beim Sieden von Wasser in einem Kessel.

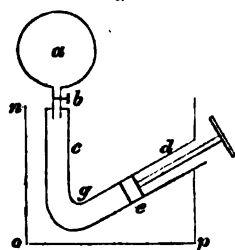
Hierdurch ward ihm klar, daß die Luft von außen durch die Poren des Holzes in den etwa entstandenen leeren Raum eindringen mußte. Da er nun seine Absicht nicht erreicht sah, so modificirte er den Versuch. Er nahm ein kleines mit Wasser gefülltes Faß, schloß es in ein größeres ein, welches er ebenfalls mit Wasser füllte, und ließ nun die Arbeit wiederholen. Allein auch diesmal schlug der Versuch fehl!

Nicht abgeschreckt hierdurch ging er zum dritten Mal ans Werk, und diesmal mit besserem Erfolg. Er ließ eine kupferne Kugel verfertigen mit einer Oeffnung, die durch einen Hahn verschlossen werden konnte. Diese füllte er nicht mit Wasser, sondern setzte unmittelbar die Spritze daran.

Als Guericke diesen Versuch anstellte, hatte er noch keine Idee von der Elasticität der Luft; er meinte, auch sie werde dem Stempel nur vermöge ihres Gewichts folgen, und in dieser Meinung ließ er die Oeffnung der Kugel mit der Spritze daran nach unten kehren. Indeß konnte er nun doch etwas Luft aus der Kugel herauspumpen, denn als er die Kugel, nachdem er sie verschlossen hatte, von der Spritze trennte und darauf öffnete, drang die Luft mit Zischen hinein.

187. Durch diesen Versuch gerieth Guericke auf den Gedanken ein eigenes Instrument verfertigen zu lassen, mit dem er die Luft auspumpen und ein Vakuum darstellen könnte. So brachte er denn im J. 1650, also 7 Jahre vor der Accademia del Cimento ein Instrument von folgender Form Fig. 15. zu Stande, das als die erste eigentliche Luftpumpe betrachtet werden muß. Es war eine Hahn-

Fig. 15.



luftpumpe, der unten gebogene Stiefel *cd* von Metall, der Stempel *e* von Leder; es hatte ein Ventil *g* zum Auslassen der Luft aus dem Stiefel, und wurde beim Gebrauch ganz unter Wasser in den Behälter *nop* gesetzt, um einen sicheren Verschluss zu erlangen. Drei Männer waren nöthig um dieses unbequeme Werkzeug zu handhaben. Sobald die Luft möglichst aus dem Glasbehälter *a* entfernt war, wurde derselbe durch den Hahn *b* geschlossen, und konnte zur bequemen Handhabung von der Pumpe abgenommen werden.

Späterhin im J. 1663 gab er dem Instrument eine vollkommeneren Einrichtung. Er stellte den Stiefel vertikal,

und setzte den Stempel mit einem Hebel in Verbindung, wodurch er leichter regiert werden konnte. Die Stelle, wo der auszupumpende Ballon an den Stiefel geschraubt wurde, umgab Guericke mit einem Trichter, um denselben mit Wasser zu füllen, und somit einen dichten Verschluss zu erlangen, den er auf andere Weise noch nicht zu erzielen vermochte.

Unstreitig ist Guericke der wahre Erfinder der Luftpumpe, und man hat daher dasselbe Recht das unvollständige Vakuum, welches sich mit diesem Instrumente darstellen lässt, das Guericke'sche Vakuum zu nennen, wie man das vollkommenere über dem Quecksilber im Barometer das Torricelli'sche Vakuum heisst. Einige Engländer pflegen wohl nach ihrem Landsmann Boyle das Vakuum der Luftpumpe das Boyle'sche Vakuum zu nennen, aber sehr mit Unrecht, denn Boyle hat die Luftpumpe nicht erfunden, sondern nur verbessert, und zu vielen recht geschickten Versuchen benutzt. Er selbst lässt Guericke alle Gerechtigkeit widerfahren, und erkennt ihm mit gebührendem Lobe die Ehre der Erfindung zu. Boyle lernte die Luftpumpe durch Caspar Schott in Würzburg kennen, einen Jesuiten, der mit Guericke in Briefverkehr stand, und mit dessen Erlaubniß das neue Instrument im J. 1657 in seiner *Mechanica hydraulico-pneumatica* beschrieb.

Es kann auch Guericke's Verdienst nicht schmälern, daß man schon von Alters her Pumpen und Spritzen von kleineren und größeren Dimensionen hatte, und daß es um die Mitte des XVII. Jahrhunderts, wie der eben genannte Caspar Schott bezeugt, dergleichen Instrumente in Deutschland gab, die das Wasser hoben oder fortspritzten. Denn alle diese Instrumente waren nur zum Pumpen von Wasser bestimmt, und überdies besaßen sie nur Ventile, keinen Hahn, den Guericke hier zuerst angewandt hat. Wollte man der Wasserpumpen und Spritzen wegen Guericke die Erfindung der Luftpumpe absprechen, so müßte man auch Torricelli das Barometer streitig machen, denn jede Pumpe ist, wenn man will, ein Wasserbarometer.

Guericke gebührt also unstreitig die Ehre der Erfindung des nützlichen Werkzeugs, welches wir heut zu Tage so häufig zur Verdünnung der Luft anwenden, aber er kann nur der Erfinder der Evakuationspumpe genannt werden. Die Kompressionspumpe ist viel älter, sie wurde in der Windbüchse schon 200 Jahre vor Guericke angewandt, und nicht ganz mit Unrecht läßt sich deren Erfindung bis in die Zeit von Ktesibius zurückführen (§ 3, 148).

Guericke kannte die Windbüchse und benutzte sie sogar zum Komprimiren der Luft, allein bei seinen ersten Versuchen scheint er nicht an die Wirkungen dieses Instruments gedacht zu haben; denn, wie erwähnt, bei diesen ersten Versuchen hielt er die Luft für nicht elastisch, und eben in diesem Glauben brachte er die Luftpumpe oder Spritze unten an den Ballon, damit die Luft durch ihr Gewicht nachsinke, wenn man den Stempel herabzieht. Erst später überzeugte er sich von der Elasticität der Luft durch eigends angestellte und recht zweckmäßig ausgestellte Versuche:

1) Er verband zwei Hohlkugeln, von denen die eine luftgefüllt, die andere luftleer war, mit einem Hahn dazwischen. So bald dieser geöffnet wurde, trat die Luft auch in die leere Kugel ein, und vertheilte sich gleichmäßig in beiden.

2) Er brachte eine lufthaltige dicht verschlossene Ochsenblase in einen Ballon, evakuirte diesen, wobei die Blase platzte.

3) Eine kupferne Kugel verband er mit einer langen Röhre, die er an der Außenseite seines Hauses bis ins dritte Stock führte. Als er nun dort am Ende der Röhre die Pumpe wirken ließ, sah er die Kugel ebenso luftleer werden, wie wenn er sie unmittelbar an die Pumpe angesetzt hätte. Nachdem er sich solcher Gestalt von der Elasticität der Luft überzeugt hatte, bezeichnete er sie ganz richtig als eine Ursache der Stürme.

Bei seinen ersten Versuchen kannte auch Guericke das Gewicht der Luft nicht, obwohl er es, wie erwähnt

supponirte; späterhin erwies er auch dieses auf experimentellem Wege, und machte es in der Hauptsache auch ganz wie wir gegenwärtig. Er wog eine Kugel mit Luft gefüllt, pumpte sie dann leer soweit er es vermochte, und wog sie wieder; der Gewichtsunterschied war dann das Gewicht der Luft. Dasselbe Princip war schon von Galilei benutzt worden, allein da derselbe kein anderes Mittel zum Verdünnen der Luft kannte, als die Erwärmung, so bleibt sein Resultat natürlich noch mehr von der Wahrheit entfernt als das Guericke'sche.

Aus den eben angeführten und den früheren Versuchen schloß Guericke ganz richtig, daß die Luft in der Atmosphäre durch ihr eignes Gewicht zusammengedrückt werde, und daß sie demgemäß in der Höhe lockerer sei als unten am Boden der Erde. Er bewies dies folgendermaßen: Er nahm eine Hohlkugel so gefüllt mit Luft, wie sie es unten auf der Erde ist, und verschloß sie durch einen Hahn. Nun brachte er sie auf einen Thurm und öffnete den Hahn, da hörte er denn sogleich einen Theil der Luft mit Zischen entweichen. Sehr richtig bemerkte er, daß dies nicht in Folge einer Erwärmung der Luft geschehe. Er kannte sehr wohl die Ausdehnung der Luft durch Wärme und sagt ausdrücklich, man müsse bei Anstellung dieser Versuche dafür sorgen, daß die Luft unten und oben gleich warm sei.

Ganz mit Recht bemerkt auch Guericke, daß die Wägungen der Luft durch Vergleich ihres Gewichts mit dem Gewicht eines gleichen Volumens Wasser etwas sehr Relatives seien, da das Gewicht der Luft nach der Höhe des Standpunktes sehr verschieden ausfallen werde. Allein er irrte, daß er glaubte, es seien darum die Wägungen der Luft ganz unnütz. Es war ihm nämlich noch unbekannt, daß man bei solchen Luftwägungen den Barometerstand beobachten müsse, und daß man, wenn dies geschehen sei, sehr gut die Wägungen aufeinander reduciren könne.

Guericke war nicht damit zufrieden sich selbst vom Dasein des Luftdrucks überzeugt zu haben, er war auch

bemüht seinen Zeitgenossen dieselbe Ueberzeugung zu verschaffen, ihnen durch recht handgreifliche Versuche die Wirkungen des Luftdrucks anschaulich zu machen, wohl nicht ohne die kleine Schwachheit sich dabei an deren Verwunderung zu ergötzen.

So evakuirte er platte parallelepipedische Glasflaschen, welche dann, wenn die Evakuuation einen gewissen Grad erreicht hatte, dem äußeren Druck nicht mehr zu widerstehen vermochten, und mit lautem Geräusch eingedrückt wurden.

Ferner setzte er zwei Halbkugeln mit breiten Rändern, die mit einer Mischung aus Fett, Wachs und Terpentin bestrichen worden, aneinander, pumpte die daraus gebildete Kugel möglichst leer, befestigte sie oben an ein Stativ, und hing unten eine Schale an, in welche Gewichte gelegt werden konnten. Mehrere Centner waren nun nicht im Stande die Halbkugeln von einander zu reißen.

Ein anderer Versuch dieser Art war folgender: In einem kupfernen Cylinder von 0,75 Ellen Durchmesser und rundlichem Boden bewegte sich luftdicht schließend ein Stempel, an dessen oberem Ende ein Strick war, der über eine Rolle ging, und sich dann in viele Seile zertheilte. Funfzig Personen, die an diesen Stricken zogen, waren so eben im Stande den Stempel ein wenig in die Höhe zu ziehen, und die wegen des runden Bodens des Cylinders darunter gebliebene Luft etwas zu verdünnen. Nun schraubte er an diesen Raum einen Ballon an, der zuvor luftleer gemacht und durch einen Hahn verschlossen war. Sobald Guericke diesen Hahn öffnete, die verdünnte Luft also in den evakuirten Ballon strömte, ging der Stempel herunter, und es wurden sämmtliche 50 Personen trotz allen Widerstrebens mit fortgezogen!

Bekannter und noch berühmter ist ein anderer Versuch geworden, den Guericke, wie den eben genannten im J. 1654 auf dem Reichstag zu Regensburg vor Kaiser Ferdinand III. und den versammelten Reichsfürsten anstellte, zu welchem er durch Joh. Philipp Freih. v. Schön-

born, den sehr aufgeklärten Kurfürsten von Mainz (gest. 1673) veranlaßt wurde. Es war der Versuch, wo **Guericke** zwei der erwähnten Halbkugeln von 0,67 Elle Durchmesser, nachdem sie aneinander gelegt und ausgepumpt worden waren, durch Pferde auseinander zu reißen versuchen ließ. 16 Pferde, von denen 8 an jeder Seite angespannt waren, vermochten nur mit höchster Anstrengung die Halbkugeln von einander zu reißen, und als es geschah, erfolgte ein Knall wie von einem Büchschuß. Dagegen fielen die Halbkugeln augenblicklich von einander, sowie er den Hahn öffnete und die Luft einströmen ließ.

Dieser regensburger Versuch, den **Guericke** späterhin in noch größerem Maßstab, mit Kugeln von 1 Elle Durchmesser und 24 Pferden, wiederholte, hat zwar über den Luftdruck nichts neues gelehrt, aber es war ein wohlberechneter Knall-Versuch, um Personen, die nicht ans Nachdenken über Naturerscheinungen gewöhnt waren, auf eine alltägliche Thatsache aufmerksam zu machen, die sie unter einer feineren Form geboten schwerlich beachten würden. Dadurch hat dieser Versuch in der That zur Förderung der Wissenschaft beigetragen, obwohl es von jener Zeit an bis auf den heutigen Tag einzelne Ungläubige gegeben hat, welche gegen die Lehre vom Luftdruck die einfältigsten Einwürfe vorgebracht haben; z. B. daß der Luftdruck es nicht sein könne, der die Quecksilbersäule im Barometer halte, weil, wenn man dieses unten verschliesse, wodurch vermeintlich der Luftdruck aufgehoben werde, das Quecksilber doch nicht falle; ferner, daß wir Menschen ja dem Luftdruck nicht widerstehen könnten, wenn er existirte und wirklich so groß sei, wie er angegeben wird. Schon **Guericke** widerlegte diesen Einwurf durch die Allseitigkeit des Drucks.

Jener regensburger Versuch hat aber auch nicht wenig dazu beigetragen, **Guericke** eine große Berühmtheit unter seinen Zeitgenossen zu verschaffen, und zum Theil ist er es noch, der **Guericke's** Andenken in der Wissenschaft erhalten hat. Noch jetzt heißen die erwähnten Halbkugeln

magdeburgische Halbkugeln, und das nicht bloß bei uns, sondern auch bei Engländern und Franzosen, in deren physikalischen Kabinetten und Lehrbüchern dieselben so gut eine Stelle finden, wie in den unsrigen.

188. Auf dem Reichstag zu Regensburg lernte **Guericke** zuerst **Torricelli's** Erfindung des Barometers kennen. Er selbst hatte indess schon für sich dieselbe Erfindung gemacht, nur hatte er nicht Quecksilber sondern Wasser in eine Röhre eingeschlossen. Man kann daher mit einigem Recht **Guericke** als den Erfinder des Wasserbarometers oder wenigstens als einen der Erfinder dieses Instruments betrachten, denn allerdings muß zugegeben werden, daß **Torricelli** auch schon die Idee zu demselben hatte, daß ein gewisser **Caspar Bertus** oder **Berti** zu Rom ein solches Instrument vor **Guericke** ausführte, und daß noch früher vor 1647 **Pascal** ein ähnliches, ein Weinbarometer konstruirte.

Um ein Wasserbarometer zu verfertigen kittete **Guericke** mehrere Glasröhren an einander, bis sie eine Länge von 19 magdeburger Ellen hatten. Die so gebildete Röhre richtete er an der Außenseite seines Hauses auf, stellte sie unten in ein Gefäß mit Wasser, und verband sie oben, wo er sie mit einem Hahn versehen hatte, mit seiner Luftpumpe. Nun evakuirte er so lange als das Wasser noch stieg, und schloß dann den Hahn ab. Aus den Erfahrungen an diesem Wasserbarometer schloß er, daß ein Heber das Wasser über keine größere Höhe als etwa 32 Fuß hinwegführe, und daß es auch in Pumpen nicht höher steigt.

An diesem Wasserbarometer entdeckte **Guericke** ebenfalls sehr bald, ohne etwas von **Torricelli's** ähnlichen Beobachtungen zu wissen, die unregelmäßigen und fast steten Veränderungen des Luftdrucks. Daher nannte er sein Instrument *Semper vivum*, auch wohl Wettermännchen, ein Name, der in seinen lateinisch gedruckten Schriften durch *Anemoskopium* wieder gegeben ist; das Wort Barometer kannte er also nicht. Den Namen Wettermännchen legte **Guericke** seinem Instrumente bei, weil er bald beobachtete,

daß das Steigen und Fallen des Wassers darin mit Witterungsveränderungen zusammenhing, und daß man diese häufig mit einiger Wahrscheinlichkeit vorhersagen könne; namentlich wußte er, daß ein plötzliches und tiefes Fallen seines Barometers Sturm bedeute, und machte davon im J. 1660 durch Prophezeiung eines Sturmes Anwendung.

Im Geschmack der damaligen Zeit ließ er auf dem Wasser in der Röhre ein aus Holz geschnitztes Männchen schwimmen, das mit dem ausgestreckten Arm auf eine Skale zeigte, auf welcher das Wetter angegeben war. Den übrigen Theil des Instruments versteckte er sorgfältig durch eine Holzbekleidung. Natürlich, daß dann seine Mitbürger, welche die innere Einrichtung des Instruments nicht kannten, die prophetischen Angaben des wunderbaren Männchens höchlich anstaunten, und daran hatte denn Guericke seine Freude.

Ein anderes lehrreiches Instrument, dessen Erfindung wir Guericke verdanken und zwar ausschließlichs ihm allein, da kein anderer darauf Anspruch machen kann, ist das Manometer, Dichtigkeitsmesser, welches Guericke 1661 in einem Brief an Pater Schott zuerst beschrieb. Es hatte die Einrichtung, die man noch heute in allen physikalischen Kabinetten antrifft, d. h. bestand aus einem Wagebalken, an dessen einem Ende eine Kugel sich befindet, die durch ein Gegengewicht am anderen Ende balancirt wird, und in einem luftverdünnten Raum desto mehr sinkt, je verdünnter die Luft ist; es hatte bei Guericke, wie alle seine Instrumente, etwas riesige Dimensionen, die kupferne Hohlkugel einen Durchmesser von 1 Fuß. Er machte diese Kugel luftleer, was überflüssig ist (§ 209).

Auch bei diesem Instrument nahm Guericke sehr bald fortwährende Veränderungen wahr, die Kugel wurde bald leichter, bald schwerer. Sehr richtig schloß Guericke daraus, daß das Gewicht der Luft, welches die Kugel umgiebt, steten Veränderungen unterliege. Allein so recht klar war ihm doch der Unterschied zwischen diesem Manometer und dem Barometer noch nicht, worüber man ihn

indess nicht sonderlich tadeln kann, da die Angaben beider Instrumente oft zusammenfallen, und der Unterschied hauptsächlich bei verschiedenen Gasen merkbar wird, bei denen die Dichteunterschiede groß sind.

189. Wie die florentiner Physiker stellte **Guericke** eine beträchtliche Anzahl von Versuchen an, die den Zweck hatten, die Nothwendigkeit der Mitwirkung der Luft zu verschiedenen Erscheinungen zu ermitteln und festzustellen. Er bediente sich hier überall der Luftpumpe, wo die Florentiner in Ermangelung eines solchen Instruments auf eine viel unbequemere Weise das Barometer anwandten. Zu diesen Versuchen gehört u. A. der, wodurch er zeigte, daß Luft nothwendig sei, um von einem tönenden Körper die Schallschwingungen in unser Ohr zu leiten oder wenigstens, daß es unter den gewöhnlichen Umständen die Luft sei, welche diesen Dienst verrichtet. Er brachte ein Uhrwerk mit Glocke an einem Faden hängend unter einen Recipienten und beobachtete, daß der Ton der Glocke in dem Maße schwächer wurde, als die Luft mehr verdünnt ward.

Caspar Bertus hatte einen ähnlichen Versuch im Vakuum des Wasserbarometers angestellt, indem er eine Glocke mit Hammer von außen durch einen Magnet bewegte, und dabei keine Abnahme des Klanges beobachtete. Da nun die Peripatetiker wußten, oder vielmehr annahmen, denn wissen konnten sie es ja nicht, daß schwingende Körper im Vakuum keinen Ton von sich geben können, so schlossen sie, daß das Vakuum über dem Wasserbarometer kein vollkommenes sei. Sie hatten darin nicht Unrecht, wiewohl andererseits auch **Guericke** im Rechte war, daß im vollkommenen Vakuum kein Ton entstehen könne. **Guericke** wußte übrigens, daß der Schall sich nicht bloß durch Luft, sondern auch durch starre und flüssige Körper fortpflanze, und führte als Beweis dafür an, daß man Fische unter Wasser daran gewöhnen könne, sich durch eine Klingel herbei rufen zu lassen.

Eine andere Thatsache, welche **Guericke** erwies, war die, daß im luftleeren Raum keine Verbrennung stattfindet.

Er brachte ein brennendes Licht unter einen Recipienten, evakuirte und sah dann das Licht allmählich erlöschen; ganz richtig folgerte Guericke daraus, daß die Körper zu ihrer Verbrennung Luft gebrauchen. Um diese Folgerung noch einleuchtender zu machen, stellte er folgenden ganz hübsch erdachten Versuch an. Durch die Mitte eines nach unten sich verengenden Gefäßes führte er eine Röhre bis durch den Boden, unterhalb dessen sie mit einem Recipienten in Verbindung gesetzt werden konnte. Das Gefäß wurde über die Hälfte mit Wasser gefüllt, und ein gläserner Kolben mit seiner Oeffnung so in dasselbe getaucht, daß die Röhre von ihm umschlossen wurde. War nun eine brennende Kerze in den Recipienten gebracht, die Röhre hierauf mit diesem verbunden, so dehnte sich die Luft durch die Lichtflamme aus und der Kolben erhob sich, aber nach kurzer Zeit senkte er sich wieder, und Wasser stieg in ihm auf.

Aus diesem Versuch schloß Guericke ganz richtig, daß die Luft im Recipienten eine Verminderung erlitten habe, welche er auf den zehnten Theil der darin enthaltenen Luft schätzte. Ob sie ganz verzehrt werde oder nicht, vermochte er nicht genügend zu beantworten, denn die Flamme verlosch zu geschwind.¹⁾

190. Nächst dem Luftdruck war es die Wirkung der Wärme auf die Luft, welche Guericke beschäftigte. Bekannt mit dem Drebbel'schen Thermoskop konstruirte er ein ähnliches Instrument, das zwar keine wesentlichen Vorzüge hatte, aber doch in der Form etwas von ihm abwich. Man kann es ein Heber-Thermoskop nennen, wie man die Instrumente von Porta, Drebbel u. s. w. Gefäß-Thermoskope nennen könnte.

Das Instrument von Guericke bestand aus einem kupfernen gebogenen Rohr, dessen Schenkel parallel und aufwärts gerichtet und bis etwa zur Hälfte mit Weingeist gefüllt waren; auf dem einen befand sich eine mit Luft gefüllte kupferne

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 184.

Kugel, in dem andern auf dem Weingeist ein Schwimmer, von welchem ein Faden in die Höhe ging, der sich oben um eine Rolle legte, und am Ende eine Figur trug. Eine kleine verschließbare Oeffnung in der Kugel diente zur Regulirung der Luft darin. Das Ganze war in ein Gehäuse eingeschlossen, aus welchem nur die Figur herausragte, welche mit der Hand auf eine Skala von 7 Abtheilungen zeigte, deren Endpunkte *magnum frigus* und *magnus calor* hießen. Guericke nannte das Instrument *Perpetuum mobile*.

Es ist auffallend, daß Guericke, der doch den Luftdruck so gut kannte, nicht einsah, daß sein Instrument zugleich von den Veränderungen dieses Drucks und der Temperatur afficirt werde. Insofern war es also ebenso unvollkommen wie alle ähnlichen Vorrichtungen vor dem florentiner Thermometer, aber in einer Beziehung hatte es doch etwas voraus, es besaß nämlich einen einigermaßen festen Punkt, freilich nur einen, der eben deshalb auch nicht viel hilft. Er ajustirte es mittelst der Oeffnung in der Kugel so, daß die Figur auf den mittelsten Theilpunkt seiner Skale zeigte, wann eben Nachtfröste eintraten oder es früh morgens reifte! das war freilich eine sehr rohe Art der Graduirung, aber immer besser als gar keine¹⁾.

191. Bedeutender als in der Wärmemessung sind Guericke's Verdienste um die Elektrizitätslehre. Er verfertigte zuerst ein Instrument, wodurch die elektrischen Erscheinungen deutlicher studirt werden konnten als bisher; man kann es zwar noch nicht eine Elektrisirmaschine nennen, aber es bahnte doch den Weg zu dieser. Sein Instrument bestand der Hauptsache nach aus einer Schwefelkugel, die er dadurch bildete, daß er Schwefel in einer Glaskugel schmolz, und dann das Glas herum zerschlug und absonderte. Diese Schwefelkugel durchbohrte er und steckte sie auf eine Axe, mittelst welcher er sie in Rotation versetzen konnte. Als Reibzeug diente dabei die

¹⁾ Fischer, Gesch. II, 160.

trockne Hand, mit der er während des Drehens die Kugel umfaßt hielt.

Mittelst dieses rohen Werkzeugs, das eben, weil daran noch der Konduktor fehlte, nicht Elektrisirmaschine genannt werden kann, beobachtete **Guericke** doch ein Paar wichtige Thatsachen, nämlich die elektrische Abstofsung, welche die Alten und selbst **Gilbert** noch nicht kannten, ferner das Licht und das Knistern beim Elektrisiren. Es war indeß nur das schwache phosphorische Leuchten der Elektricität im Dunkeln, welches **Guericke** wahrnahm, den eigentlichen elektrischen Funken beobachtete er noch nicht.

Alle diese und noch verschiedene minder belangreiche Thatsachen hat **Otto v. Guericke** zusammengefaßt in einem Werke, welches unter dem Titel: *Ottonis de Guericke Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica* im J. 1672 zu Amsterdam erschien, aber schon 1663 in der Handschrift vollendet war. Vergleicht man dasselbe mit den gleichzeitigen physikalischen Erzeugnissen in Deutschland, so muß man gestehen, daß es einen ausgezeichneten Rang gegen diese behauptet.

192. Nächst **Otto v. Guericke** war unter den deutschen Physikern der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts unstreitig der berühmteste **Athanasius Kircher**, dessen Lebensverhältnisse bereits früher (§ 128) erwähnt sind. Er verdankt seine Berühmtheit zum kleinsten Theil etwaigen Erfindungen und Entdeckungen im Gebiet der Wissenschaft, als vielmehr seiner grossen Gelehrsamkeit und Rührigkeit, seinen zahlreichen Schriften, welche sich mit encyclopädischer Kenntniß dessen, was Vorfahren und Zeitgenossen geleistet, über alle damals kultivirten Zweige der Physik erstreckten, und bei allen ihren Schattenseiten doch das Gute hatten, die Verbreitung der Wissenschaft zu fördern. Es findet sich in diesen Schriften allerdings manche bemerkenswerthe Thatsache und manche sinnreiche Idee, woran es ihrem Verfasser nicht gebrach, aber daneben enthalten sie auch einen solchen Wust von unerwiesenen und ungereimten Dingen, daß man kaum annehmen kann,

der Verfasser habe das alles selbst geglaubt, sondern nur die Absicht gehabt, von seinen leichtgläubigen und unwissenden Zeitgenossen bewundert zu werden, daher denn auch die meisten seiner Werke heut zu Tage nur als Kuriositäten zu betrachten sind.

Durch seine Schriften ist Kircher im XVII. Jahrhundert eine Art Autorität geworden; ob er aber in Wahrheit etwas zu den Fortschritten der Wissenschaft beigesteuert oder sich als Physiker dokumentirt habe, ist einigermaßen zweifelhaft. Seiner wenig belangreichen Arbeiten über den Magnetismus habe ich bereits gedacht (§ 128), es bleibt mir jetzt noch übrig, etwas von seinen Leistungen im Gebiet der Optik und Akustik zu sagen, worin man ihm noch am meisten Verdienste zuzuerkennen pflegt, worin er aber auch, genau erwogen, nichts Eigenes von Bedeutung geleistet hat.

So ist Kircher zwar wohl der erste Physiker, der von den physiologischen Farben redet, aber die Beobachtung, welche ihm dazu Veranlassung gab, ist nicht von ihm, sondern von einem gewissen Joseph Bonacursius. Dieser beobachtete, daß, wenn er auf ein in die Oeffnung des Fensterladens einer dunklen Kammer gehaltenes buntes Papier sah und darauf die Oeffnung schloß, ihm vor den Augen die verschiedensten Farben erschienen. Diese Beobachtung gab nun Kircher zu mancherlei Reflexionen Anlaß, wobei er u. A. das Auge mit dem bononischen Leuchstein verglich, über den er ebenfalls schrieb.

Nicht besser steht es um die Erfindung der *Laterna magica*, die man in der Regel Kircher ganz zuschreibt. Wie früher erwähnt, hat Porta unter mancherlei Veränderungen, die er mit der *Camera obscura* vornahm, auch die angewandt, daß er transparente Gegenstände vor die Linse schob. Nun ist aber eine *Camera obscura* mit transparenten Objekten in der That nichts anderes als eine *Laterna magica*, mit dem einzigen Unterschied, daß Sonnenlicht die Stelle des Kerzenlichts in letzterem Instrumente

vertritt. Indefs könnte man immer in der Vertauschung des Sonnenlichts gegen Kerzenlicht ein kleines Verdienst erblicken, wenn es nur mit Gewissheit dem Pater **Kircher** zuzuschreiben wäre. Allein dem ist doch nicht so.

Kircher spricht von der *Laterna magica* in seiner *Ars magna lucis et umbrae*, aber nicht in der ersten Auflage von 1646 ¹⁾, sondern in der späteren von 1671 (§ 59). Nun aber berichtet **Deschales** in seinem *Mundus mathematicus*, *Lugd. 1674*, daß ihm ein Däne, den er leider nicht nennt, schon 1665 eine *Laterna magica* mit zwei konvexen Gläsern gezeigt habe, die auch **Deschales** beschreibt und abbildet. **Deschales** erwähnt **Kircher's** nicht, selbst nicht in der zweiten nach seinem Tode erschienenen Auflage des *Mundus math.* von 1690. Er sagt, der Däne sei von Leyden gekommen. Nun ging um diese Zeit **Thomas Bartholin**, der Anatom, von Leyden nach Italien, der sich auch für Optik interessirte, wie aus seiner Untersuchung des Leuchtens lebender und faulender thierischer Wesen hervorgeht; es ist daher jener Däne sehr wahrscheinlich dieser **Thomas Bartholin**.

Ein anderer Gegenstand, bei dem **Kircher** in der Optik eine Rolle spielt, ist die Frage, ob **Archimedes** die Flotte der Römer vor Syrakus durch Brennspiegel verbrannt habe. Die Sage davon, die, wie ich früher erwähnte (§ 6), erst durch byzantinische Schriftsteller des XII. Jahrhunderts, durch **Zonaras**, **Tzetzes** und **Eustathius** in Umlauf gebracht ist, und im Grunde aller sicheren historischen Begründung entbehrt, hat die optischen Schriftsteller des Mittelalters vielfach beschäftigt; und da man zu der Einsicht gelangte, daß die Verbrennung jener Flotte durch Hohlspiegel jedenfalls große Schwierigkeiten gehabt haben müsse, so faßte man eine Aeußerung von **Tzetzes** desto mehr auf, wonach **Archimedes** sich kleiner viereckiger Spiegel mit Charnieren bedient habe.

¹⁾ S. jedoch **Gehler**, Wörterbuch IV, 843.

Kircher gehört zu denen, die in dieser Weise, d. h. durch mehrere auf einen Punkt gerichtete Planspiegel die Verbrennung der Flotte für möglich hielten, und er machte sogar einen Versuch um diese Möglichkeit zu erweisen. Er verband 5 Planspiegel auf die Art, daß sie die reflektirten Sonnenstrahlen auf einen 100 Fuß entfernten Gegenstand werfen mußten, und steckte dadurch freilich keine Flotte in Brand, brachte aber doch eine bedeutende Hitze hervor.

Auf einer mit dem schon erwähnten **Caspar Schott** unternommenen Reise nach Sicilien nahm er die Oertlichkeiten von Syrakus in Augenschein, und glaubte schließen zu müssen, daß **Archimedes** sich wirklich der römischen Flotte auf 30 Schritt nahe nähern können, und somit im Stande gewesen sei durch zweckmäßig aufgestellte Planspiegel dieselbe zu vernichten. Ich muß dies dahin gestellt sein lassen, kann aber nicht umhin zu bemerken, daß **Kircher** nicht die Priorität in dem genannten Versuch gebührt, da bereits **Vitello** im XIII. Jahrhundert denselben ausführte und zwar zu gleichem Zweck.¹⁾

Ebenso zweifelhaft sind **Kircher's** Leistungen im Felde der Akustik, und habe ich derselben zum Theil schon bei Gelegenheit des Sprachrohrs gedacht (§ 183). Eine Erfindung, die man **Kircher** wohl zuzuschreiben pflegt, ist die der Aeolsharfe oder des Anemochords, des gitarreähnlichen Instruments, welches, dem Winde ausgesetzt, sehr liebliche und mannichfache Akkorde hören läßt. **Kircher** beschreibt dasselbe in seiner *Phonurgia* 1673, und er hat auch wohl das Verdienst, es zuerst beschrieben oder zur Kunde der Physiker gebracht zu haben. Aber mit dem Anspruch auf die Erfindung des Instruments sieht es doch noch mißlich aus, denn schon im **Eustathius** kommt die Angabe vor, daß der Wind, wenn er auf gespannte Saiten stöße, harmonische Töne erzeuge. Und **Kircher** war ein

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik I, 43.

zu guter Kenner älterer Werke, als daß man nicht annehmen dürfe, er habe auch diese Stelle gekannt, welche Annahme wohl erlaubt ist, da er in seinen Schriften viele andere Dinge ohne Nennung der Quelle beschreibt, die erweislich nicht sein Eigenthum sind.

So ist es denn mit den eigenen Leistungen **Kircher's** nicht sonderlich bestellt, aber verkennen wollen wir darum nicht, daß er durch seine Schriften, trotz ihrer Weit-schweifigkeit und häufigen Unzuverlässigkeit, viel zur Belehrung seiner Zeitgenossen beitrug.

193. In ähnlicher Weise wie **Kircher** wirkten noch einige andere kenntnißreiche Männer, deren Werke noch jetzt zur Beurtheilung des damaligen Zustandes der Wissenschaft einen geschichtlichen Werth besitzen. Dergleichen sind:

Daniel Schwenter, geb. 1585 zu Nürnberg, gest. 1636 als Prof. der Mathematik und orientalischen Sprachen an der 1809 aufgehobenen Universität Altdorf in Franken, dessen *Mathematische und philosophische Erquickstunden* im J. 1636 nach seinem Tode herausgegeben wurden, und etwa den Charakter von **Porta's** *Magia naturalis* an sich tragen. Er erwähnt darin u. A. einen körperlichen Drachen, der eine Art Montgolfiere ist.

Kaspar Schott, der Freund von **Guericke** und **Kircher**, dem Orden der Jesuiten angehörig, geb. 1608 zu Königs-hofen bei Würzburg, und gest. 1666 zu Würzburg als Prof. der Mathematik und Physik daselbst. Er hinterließ verschiedene Schriften mathematischen und physikalischen Inhalts, darunter auch eine betitelt: *Technica curiosa, Her-bipoli 1664*, worin sich die älteste Nachricht vom Gebrauch der Taucherglocke befindet. **Schott** bringt nämlich darin aus dem Werke *Opusculum de motu celerrimo* eines gewissen **Taisnier** die Nachricht, daß im J. 1538 zwei Griechen zu Toledo, in Gegenwart des Kaisers Karl V. und vieler tausend Zeugen, mit einem umgekehrten Kessel sich unter Wasser ließen, ein brennendes Licht mitnahmen und mit diesem, ohne naß zu werden, wieder heraufkamen.

Lord Baco kannte auch schon diese Vorrichtung und beschrieb sie umständlich in seinem *Novum Organon*, also 1620. In England, wo man in neuerer Zeit so manche nützliche Anwendung von der Taucherglocke gemacht hat, z. B. bei Hafenbauten, zur Heraufholung von Gegenständen, die ins Meer versunken sind u. s. w., scheint man sie überhaupt zu letzterem Zweck zuerst benutzt zu haben. Es war nämlich im J. 1588, wo man bei der Insel Mull an der Westküste von Schottland versuchte, die dort mit mehreren Schiffen der sogenannten unüberwindlichen Flotte der Spanier versunkenen Schätze wieder heraufzubringen. Die dabei benutzte Taucherglocke ist von Sinclair beschrieben in der *Ars nova et magna gravitatis et levitatis, Roterodami 1669*, ohne daß er sich die Erfindung beilegt.

Seitdem ist die Taucherglocke mannichfach abgeändert worden, sowie ihre Benutzung häufiger ward. In unvollkommener Gestalt war sie sogar den Alten bekannt; schon Aristoteles spricht von ihr, jedoch nicht deutlich. Es waren auch nicht eigentliche Taucherglocken, sondern Taucherkappen, umgestürzte Kessel, wodurch man bloß den Kopf des Tauchers, nicht den ganzen Körper desselben schützen wollte.

Joh. Christoph Sturm, geb. zu Hippoltstein 1635, gest. 1703 zu Altdorf, wo er Professor der Mathematik und Physik war. Von seinen Schriften sei hier genannt: *Collegium experimentale curiosum, Norimb. 1685* und 1702, worin er Nachricht von den aërostatischen Bemühungen des Francesco Lana giebt. Dieser, ein Jesuit, geb. 1631 zu Brescia, wo er auch Mathematik und Philosophie lehrte, gest. 1687 zu Rom, veröffentlichte eine kleine Schrift: *Prodromo ovvero saggio di alcune invenzioni nuove promesso all' arte maestra, Bresc. 1670*, worin er den Vorschlag machte, sich durch luftleere Kugeln von Kupfer in die Luft zu erheben. Er wollte vier solcher Kugeln von 20 Fuß Durchmesser und $\frac{1}{12}$ Linie Wanddicke an einem Nachen befestigen¹⁾.

¹⁾ Fischer, Gesch. II, 471; Murhard, Gesch. d. Physik I, 39.

Ferner findet sich in dem Collegium exper. das Instrument beschrieben, welches man Differentialthermometer nennt und gewöhnlich als eine Erfindung von Leslie betrachtet. Brewster, der hierauf aufmerksam gemacht hat, behauptet gradezu, Leslie habe es aus dem Collegium exp. entlehnt¹⁾. Eine andere Beschreibung desselben Instruments findet sich bei van Helmont, was schon H. Davy 1803 in seinen *Elements of chemical philosophy* pag. 75 und 76 gegen Leslie geltend gemacht hat, doch läßt die Beschreibung noch eine Ausflucht zu; *a loophole, through which a person of small dimensions might creep.* (Journ. of Sc. II, 145.)

Dieser van Helmont war einer der ausgezeichnetsten Chemiker seiner Zeit, geb. 1577 zu Brüssel, aus dem Geschlecht der Grafen von Merode stammend. Sein Ruf als Arzt und Chemiker verschaffte ihm glänzende Anerbietungen von Kaiser Rudolph II. und dem Erzbischof von Köln; er lehnte sie aber ab, da ihm sein Laboratorium zu Vilvorde bei Brüssel lieber war, als die Freuden des Hoflebens. Er starb 1644 zu Vilvorde.

Von seinen chemischen Verdiensten mag hier nur erwähnt werden, daß man ihn nicht mit Unrecht als Entdecker des kohlensauren Gases ansehen kann, obwohl auch Paracelsus (geb. 1493 zu Einsiedel, Kanton Schwyz, gest. 1541 zu Salzburg) dasselbe schon kannte. Van Helmont wußte, daß es sich sowohl beim Verbrennen von Kohle als beim Gähren von Brod und Wein entwickelt. Ihm gebührt auch das Verdienst den Namen Gas gebildet und in die Wissenschaft eingeführt zu haben. Der Name Gas übrigens, den Einige wohl für griechischen Ursprungs gehalten und von Chaos abgeleitet haben, ist wenigstens seiner näheren Abkunft nach ein deutscher, offenbar von Gahst (engl. Ghost, platt Geest), Geist herstammend, oder auch, was damit zusammenhängt von Gäscht, Oberhefe, Schaum, platt Gest, engl. Yest.

¹⁾ Journ. of Sciences II, 1644.

Außer dem unserm heutigen Differentialthermometer ähnlichen Instrumente kannte und benutzte van Helmont auch ein Wasserthermometer, wahrscheinlich ohne von den Arbeiten der florentiner Physiker etwas zu wissen. Es war ohne Graduierung, im Ganzen von roher Form und beschrieben in einem Werk, welches erst 4 Jahre nach van Helmont's Tode unter dem Titel: *Ortus medicinae*, *Amstel.* 1648 erschien und viele Auflagen erlebte.

Samuel Reiher, Professor der Physik zu Kiel, geb. 1635 zu Schleusingen, gest. 1714 zu Kiel, wurde schon bei den Glathränen genannt (§ 182).

Daniel Georg Morhof, geb. zu Wismar 1639, war zuerst Professor der Dichtkunst zu Rostock, machte darauf Reisen nach Holland und England, und nahm darauf die Professur der Beredsamkeit und Dichtkunst an der 1665 neu gestifteten Universität Kiel an. Auf der Rückkehr von einer Badereise nach Pymont starb er 1691 zu Lübeck.

Morhof ist berühmt als Literator, besonders durch seinen *Polyhistor*, *Lübeck* 1688, der in Deutschland zuerst ein vollständigeres und planmäßigeres Studium der Literaturgeschichte angeregt hat. In der Physik hat er sich einen Namen gemacht durch die Schrift: *Stentor hyaloklastes s. Epistola de scypho vitreo per vocis humanae sonum rupto*, *Kilon.* 1672. Es handelt von dem Zerschneiden der Gläser. Morhof erzählt darin, daß er bei seinem Aufenthalt in Amsterdam zu einem Weinhändler Petter geführt worden sei, der die Kunst verstand Gläser zu zerschneiden, und es ihm selbst vorgemacht habe. Petter habe zuerst durch Anschlagen an das Glas, einen sogen. Römer, den Ton desselben erforscht, dann den Mund dicht davor haltend die höhere (?) Oktave angegeben, und so lange hineingeschrien, bis das Glas zersprungen sei; Morhof habe dabei das Glas in seiner Hand zittern gefühlt¹⁾.

Chladni fürchtet es möge dabei ein Betrug obgewaltet haben, es möchte von Diamantstrichen zerrissen worden

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* II, 499.

sein¹⁾, indefs bringt er doch selbst später im Anhang S. 89 eine Nachricht bei, welche die Angabe glaublich macht. Er sagt: In dem Talmud, in der Gemara, werden die Meinungen verschiedener Gelehrten darüber angeführt, wie es mit dem Schadenersatz zu halten sei, wenn ein Hausthier durch sein Geschrei ein Gefäß zersprengt! Es muß doch also wohl einmal ein solcher Fall vorgekommen sein. Es wird hinzugefügt, Rame, der Sohn Jecheskel entscheide, daß Einer, dessen Haushahn den Kopf in ein Glasgefäß des Nachbarn stecke und durch Krähen zersprengt, zum vollen Schadenersatz zu verurtheilen sei! Uebrigens hat auch ein Italiener Bartoli, ein Jesuit, über das Zerschneiden der Gläser geschrieben: *Trattato del suono e dei tremori armonici, Bologna 1680.*

194. Neben allen diesen mehr schreibenden als experimentirenden Physikern verdient eine rühmliche Erwähnung in doppelter Beziehung der Herr v. Tschirnhausen, einmal, weil er als reicher Privatmann die Wissenschaften lediglich ihrer selbst wegen trieb, und dann, weil er sie, was bei uns immer selten ist, in praktischer Weise ausübte. In dieser Beziehung erweist er sich als einen würdigen Geistesverwandten von O. v. Guericke.

Ehrenfried Walter Graf v. Tschirnhausen, Herr v. Kislingwalde und Stolzenberg war geb. 1651 zu Kislingwalde in der Oberlausitz. Von Jugend auf hegte er eine große Neigung zur Mathematik, um derentwillen er auch die Universität zu Leyden bezog. Im J. 1672 trat er in holländische Dienste, schied aber nach 1½ Jahren wieder aus, und begab sich nun auf Reisen. Er besuchte Frankreich, Italien, Sicilien, Malta und kehrte über Wien zurück, wo er sich längere Zeit aufhielt. Auch später noch machte er mehrmals Reisen nach Holland und Frankreich, während er die übrige Zeit auf seinen Gütern in der Lausitz lebte. Er starb als kursächsischer Rath 1708 zu Dresden.

¹⁾ Chladni, Akustik, p. 271.

Tschirnhausen hat eine beträchtliche Anzahl mathematischer Abhandlungen geschrieben, die größtentheils in den *Actis Eruditorum* niedergelegt sind. Diese *Acta Eruditorum*, die auch eine bemerkenswerthe literarische Erscheinung des XVII. Jahrhunderts sind, wurden im J. 1682 durch den Professor **Otto Mencke** in Leipzig gegründet. Sie bildeten die erste gelehrte Zeitschrift in Deutschland, und waren lange Zeit eins der gelesensten und weit verbreitetsten Journale. Die ausgezeichnetsten Gelehrten ihrer Zeit waren Mitarbeiter an derselben, und gaben darin entweder Recensionen und Kritiken von erschienenen Werken nach Art unserer heutigen Literaturzeitungen, oder veröffentlichten darin, was einer baldigen Bekanntmachung bedurfte. So enthalten die *Acta Erud.* eine ganze Reihe sehr schätzbarer mathematischer und physikalischer Aufsätze neben einer freilich sehr großen Menge von Auszügen und Recensionen theologischer, juristischer und medicinischer Werke, die für den Physiker kein Interesse haben.

In den ersten drei Decennien ihrer Existenz erfreuten sich die *Acta Erud.* eines blühenden Fortgangs, späterhin kamen sie in Verfall, da ihr ganzer Zuschnitt nicht mehr für die Zeit paßte, und Zeitschriften in deutscher Sprache für die einzelnen Fächer des Naturstudiums zu erscheinen begannen. Sie vegetirten indess noch bis 1782, wo der Band von 1776 erschien, mit welchem denn die ganze Reihe von 117 Quartbänden schloß.

Mehr als diese Aufsätze in den *Actis Erud.* haben **Tschirnhausen's** Namen auf die Nachwelt gebracht seine Bemühungen um Darstellung großer Brennspiegel und Brenngläser. Zum Behuf der letzteren legte er auf seinen Gütern drei Glashütten an, so wie eine eigene Mühle zum Schleifen der Gläser. Von Brennspiegeln brachte er im J. 1687 einen zu Stande, der alle bis dahin angefertigten weit hinter sich ließ. Er war aus Kupfer getrieben, besaß einen Durchmesser von 3 leipziger Ellen, und hatte

eine Brennweite von 2 Fuß; er soll noch gegenwärtig im sogen. mathematischen Salon aufbewahrt werden. Seine Wirkung war erstaunlich. Er entzündete Holz, brachte Wasser zum Sieden, schmolz 3 Zoll dickes Zinn, durchlöcherte in 5 bis 6 Minuten ein Thalerstück oder eiserne und kupferne Bleche, verglaste Ziegel, Erden u. s. w., aber er konnte, was bemerkenswerth ist, durch Verdichtung der Mondstrahlen nicht die mindeste Wärme hervorbringen.

Auf die Anfertigung großer Brenngläser verwendete Tschirnhausen viel Mühe und Geld, es gelangen ihm indeß nur vier. Das größte derselben hält 33 Zoll im Durchmesser und hat 12 Fuß Brennweite. Es kam im J. 1701 durch den zu seiner Zeit berühmten Chemiker Homborg, Leibarzt des Herzogs von Orleans, damaligen Regenten von Frankreich, an die pariser Akademie der Wissenschaften, die schon 1682 Tschirnhausen zu ihrem Korrespondenten erwählt hatte. Ein anderes bekam der Graf de la Tour d'Auvergne, ein drittes befindet sich in der Rathsbibliothek zu Görlitz, und eins in der Sammlung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Die Wirkungen dieser Gläser waren denen der Brennspiegel ähnlich, besonders wenn, wie es Tschirnhausen that, noch ein Sammelglas vorgesetzt wurde. Tschirnhausen machte sich u. A. den Scherz, daß er Fische und Krebse damit in Wasser kochte. Durch Konzentration der Mondstrahlen konnte er aber auch mit den Gläsern nicht die mindeste Wärme hervorbringen. Mittelst eines der berühmten Brenngläser Tschirnhausen's, welches $\frac{3}{4}$ florentiner Ellen im Durchmesser hielt und eine Brennweite von $2\frac{1}{2}$ solcher Ellen hatte, stellten in d. J. 1694 und 95 Averani und Targioni zu Florenz auf Kosten des Großherzogs Cosimo III. die merkwürdigen Versuche mit Diamanten an, durch welche zuerst die Verbrennlichkeit derselben dargethan ward. Um die Wirkung des Glases zu erhöhen, hatte man vor dem Brennpunkt noch eine Kollektivlinse aufgestellt. Der größte Diamant, den man verbrannte, wog $22\frac{1}{8}$ Denar (à 6 bis 8 Gran), und nach

28 $\frac{1}{2}$ Minuten war von demselben ein kaum mehr sichtbares Stückchen übrig.¹⁾

Die Brennspiegel gaben Tschirnhausen auch zu einer mathematischen Untersuchung Anlaß, die seinen Namen aufbewahrt hat, nämlich zur Untersuchung der Brennnlinien, oder wie sie bald darauf 1692 von dem großen Mathematiker Jakob Bernoulli genannt wurden, die katakustischen Linien zum Unterschied der ähnlichen durch Refraktion bei Linsen entstehenden diakaustischen Linien. Es sind zwar die Brennnlinien schon von Maurolykus beachtet worden, allein die erste genauere Untersuchung über sie hat Tschirnhausen 1682 angestellt, obwohl nicht ganz ohne Fehler, die er indess selbst später eingestand. Huyghens schrieb freilich schon 1678 über diesen Gegenstand eine Abhandlung, dieselbe wurde aber erst 1690 gedruckt.²⁾

195. Da ich hier einmal von den deutschen Physikern des XVII. Jahrhunderts rede, so muß ich noch einen Mann namhaft machen, der zu ihnen gezählt worden ist, obgleich ich meinerseits bezweifle, daß man volles Recht dazu gehabt hat. Es ist dies Salomon de Caus. Er ist Verfasser eines Werks betitelt: *Les raisons des forces*

¹⁾ Franz Stephan, Herzog von Lothringen, der im J. 1737 nach dem Aussterben der Dynastie Medici zum Besitz von Toskana gelangte, und später 1745 als Franz I. zum deutschen Kaiser erwählt wurde, liefs zu Wien im J. 1751 diese Versuche wiederholen, aber nicht mit einem Brennglase, sondern in einem Ofen. Der Erfolg war derselbe wie bei dem florentinischen Versuche, und man lernte also nur daraus, daß der Diamant auch im gemeinen Feuer verbrennlich sei. Der Kaiser erkaufte indess diese Erfahrung ein wenig theuer, er opferte an Diamanten und Rubinen, die sich hierbei unzerstörbar erwiesen, nicht weniger als für 6000 Gulden. Wir würden mit Recht erstaunen müssen über diese großartige Freigebigkeit, wenn wir nicht durch eine spätere Schrift belehrt worden wären, daß diesem Versuch gar kein wissenschaftlicher Zweck zum Grunde lag, sondern der Kaiser nur die Absicht hatte, nach einem von einem Unbekannten erhaltenen und bei dieser Gelegenheit glänzend durchgefallenen Geheimniß, kleinere Diamanten zu einem einzigen großen zusammen zu schmelzen.

²⁾ Wilde, Gesch. der Optik I, 341.

mouvantes, avec diverses machines tant utiles que plaisantes, Frankf. a/M. 1615. Dies Werk, dessen Inhalt ich sogleich näher bezeichnen werde, hat Arago Veranlassung gegeben, im *Annuaire* von 1829 zu behaupten:

- 1) daß **Sal. de Caus** ein Franzose von Geburt sei;
- 2) daß er die Dampfmaschine erfunden habe;
- 3) daß demnach diese wichtige Erfindung als ein Eigenthum der französischen Nation betrachtet werden müsse.

Was die erste Behauptung betrifft, so stützt sich **Arago** darauf, daß **Sal. de Caus**, obwohl er im Dienst des Kurfürsten von der Pfalz stand, sein Werk französisch schrieb, es dem König Ludwig XIII. dedicirte und in der Dedication die Worte gebrauchte: *de Votre Majesté le très obéissant sujet*, wobei **Arago** jedoch einräumt, man dürfe das Wort *sujet*, Unterthan, nicht im eigentlichen Sinne nehmen.

Dagegen ist nun **Prof. Baumgartner** in Wien aufgetreten und hat bemerklich gemacht, daß das Werk von **de Caus** auch in deutscher Sprache erschienen ist, und in dieser den Titel führt: *Von gewaltsamen Bewegungen etc. durch Salomon de Caus, churfürstlich pfälzischem Ingenieur und Baumeister, erstlich in französischer jetztund aber in unserer deutschen Sprache an Tag gegeben*. **Prof. Baumgartner** legt besonderes Gewicht auf die Worte *in unserer deutschen Sprache*, und schließt daraus, **Sal. de Caus** müsse ein Deutscher gewesen sein. Ich muß gestehen, ich kann diesen Schluß nicht gerechtfertigt finden.

So lange nicht bewiesen ist, — und das ist es nicht — daß **Sal. de Caus** die deutsche Ausgabe seines Werkes in eigener Person herausgab, so lange haben jene Worte wenig Beweiskraft, denn sie können ebenso gut vom Uebersetzer herkommen, der ein Deutscher war. Ueberdies hat der Name **de Caus** gar keinen deutschen Klang. Wollte man **de Caus** bloß deshalb der deutschen Nation vindiciren, weil er im Dienst eines deutschen Fürsten stand, so müßte man auch **Papin**, den Erfinder des papinianischen Topfes, zu den Deutschen zählen, da er Professor in Marburg war, oder **Maupertuis** und **Lagrange**, weil sie Mitglieder der

Akademie zu Berlin waren, und viele Jahre lang dasselbst wohnten.

Uebrigens haben wir gar nicht Ursache uns sonderlich um Sal. de Caus zu reißen, denn seine Ansprüche auf die Erfindung der Dampfmaschine sind sehr schwach, im Grunde gar keine. Er beschreibt 5 Arten Wasser zu heben und darunter eine durch Feuer, in welcher Arago Anlaß zu seiner zweiten Behauptung findet. Nach der Abbildung, welche de Caus von dieser Maschine giebt, besteht sie aus einer hohlen Kugel mit einem verschließbaren Eingufsrohr zur Seite, durch welches sie mit Wasser gefüllt wird. Eine zweite oben eingesetzte Röhre geht fast bis auf den Boden der Kugel, und aus ihr spritzt das Wasser aus dem oberen Ende dieser Röhre empor, so bald die Kugel auf Feuer gesetzt wird, und die in ihrem oberen Raum sich ansammelnden Dämpfe das Wasser zu dem Steigrohr hinauspresseu. Hieraus erhellt genug das Wesen der Maschine, es ist eine Spritze, wie sie schon Hero von Alexandrien kannte. Eine solche Vorrichtung kann um so weniger einen Anspruch auf die Ehre der Erfindung der Dampfmaschine begründen, da andere dieser Maschine weit näher kommende Konstruktionen lange vor de Caus erdacht worden sind (§ 229).

Astronomie.

196. Ich kann Deutschland nicht verlassen, ohne einen Blick auf den Stand der übrigen physikalischen Wissenschaften zu werfen. Wie schon erwähnt, wurde die Physik nur von einer geringen Zahl von Männern, und von den meisten derselben nur mit geringem Erfolge betrieben. Gleichsam als Ersatz dafür finden wir ein weit regeres Streben in den beiden anliegenden Gebieten der Astronomie und Chemie, den beiden Wissenschaften, in welchen die Deutschen seit jener Zeit immer einen sehr ehrenvollen Platz behauptet, und zeitweise wohl gar ihren Nachbarn jenseit des Rheins und des Kanals den Vorrang abgewonnen haben.

Von den Astronomen will ich hier nur drei namhaft machen: Hevel, Dörfel, Kirch.

Johann Hevel oder Hevelius, eigentlich Hewelcke (d. h. Hügelchen), wie die Familie in Danzig noch heißt, geb. zu Danzig 1611, stammte aus einer patricischen und sehr vermögenden Familie dieser ehrbaren Reichsstadt. Gleich Guericke und Tschirnhausen widmete er ohne professionelle Verpflichtung sein ganzes Leben der Wissenschaft, und entfaltete dabei eine Thätigkeit, die einigermaßen vergleichbar ist mit der, welche wir in unsern Tagen an dem berühmten Astronomen der Schwesterstadt am Pregel, an F. W. Bessel in Königsberg, haben bewundern müssen.

Vom J. 1640 etwa an, wo Hevel nach längeren Reisen durch das westliche und südliche Europa in seine Heimath zurückkehrte, bis zu seinem Tode im J. 1687 war er unablässig mit Beobachtungen und mit Abfassung astronomischer Schriften beschäftigt, ungeachtet er daneben städtische Aemter bekleidete, erst als Schöffe, später als Rathsherr fungirte, und außerdem mit den berühmtesten Gelehrten seiner Zeit einen so ausgedehnten Briefwechsel führte, daß derselbe bei seinem Tode 17 Folianten füllte. Diese schätzbare Sammlung, worin sich u. A. auch Briefe von Keppler befanden, ist leider dem Vaterlande nicht erhalten worden. Der französische Astronom de l'Isle kaufte sie bei seiner Durchreise durch Danzig von den Erben für ein Spottgeld, wodurch sie zunächst nach Paris kam, worauf sie in die Hände von Godin fiel, der sie mit nach Cadix nahm, wo sie vielleicht noch existirt.¹⁾

Hevel war ein durchaus praktischer Mann; er stach die Figuren zu seinen Werken selbst in Kupfer, und da gute Fernröhre damals noch zu den Seltenheiten gehörten, so schliff er auch mit eigener Hand die Gläser zu den seinigen, und die von ihm dargestellten Fernröhre erlangten großen Ruf, und wurden weit und breit begehrt. Hevel gebrauchte die Fernröhre noch nicht als Meß-Instrumente,

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 640.

obwohl dies zu seiner Zeit schon eingeführt war, sondern er bediente sich mit einem gewissen Eigensinn dazu nur der Absehen, mit welchen seine Beobachtungen jedoch, wie Halley versichert, bis auf die Minute richtig gewesen sein sollen¹⁾ (§ 239).

Eins seiner berühmtesten Werke, das zugleich das erste war, ist die *Selenographia, Gedani 1647*, deren auch schon § 132 gedacht ist; nächstdem sind zu nennen seine *Cometographia, Ged. 1668* und die *Machina coelestis, Ged. 1673*.

Im J. 1679 hatte Hevel leider das Unglück durch eine große Feuersbrunst am 26. Sept. nicht weniger als 7 Häuser zu verlieren, damit fast alle seine bewegliche Habe, seine Bücher, Instrumente, Beobachtungsjournale von 1647 an u. s. w., ein großer Verlust auch für die Wissenschaft.

Georg Samuel Dörfel, der zweite Astronom, den ich hier nennen will, ein Schüler Hevel's, war geb. 1643 zu Plauen im Voigtland, wo er auch Diakonus war, bis er Superintendent zu Weida wurde, und als solcher daselbst 1688 starb. Er hat sich vorzüglich bekannt gemacht durch seine Beobachtungen über den großen Kometen von 1680 und 1681, die er im letzteren Jahre zu Plauen deutsch veröffentlichte.

Durch diese Beobachtungen wurde zuerst erwiesen, daß die Kometen sich nach gleichen Gesetzen, nämlich nach den keplerschen, und in ähnlichen Bahnen um die Sonne bewegen wie die Planeten, und nicht in graden Linien, wie man früher und selbst Keppler noch glaubte. Dörfel zeigte für den erwähnten Kometen, daß der sichtbare Theil seiner Bahn mit einer Parabel übereinkomme, in deren Brennpunkt die Sonne stehe, die vollständige Bahn hielt er aber für eine sehr in die Länge gezogene Ellipse. Erst fünf Jahre später wies Newton in den *Principiis philos. nat. 1686* die Nothwendigkeit dazu aus

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 639.

Poggendorff, Gesch. d. Physik.

seiner Gravitationstheorie nach; er kannte Dörfl's Ansichten und billigte dieselben. Als Vermuthung war dies übrigens schon früher von Henry Percy, Grafen von Northumberland¹⁾ ausgesprochen worden, so wie von einem berliner Astronomen Madeweis²⁾.

Gottfried Kirch, geb. zu Guben 1639, gest. 1710 zu Berlin, ein Schüler Hevel's und später erster Astronom an der neu errichteten Sternwarte zu Berlin. Er beobachtete den oben erwähnten Kometen zuerst in Koburg am 4. November 1680 und schrieb darüber: *Observationes insignis cometæ sub finem 1680 visi Coburgi Saxoniae habitæ.*

Chemie.

197. Wenden wir uns nun zur Chemie, so dürfen wir nicht vergessen, daß dieselbe im ganzen Laufe des XVII. Jahrhunderts, sowohl in Deutschland wie in den übrigen Ländern Europas, noch auf einer sehr niederen Stufe der Wissenschaftlichkeit stand, ungeachtet die Universität Marburg schon 1609 eine Professur der Chemie errichtete, die erste ihrer Art, und **Joh. Hartmann** damit bekleidete.

Trotz dieser und ähnlicher Zeichen einer wissenschaftlichen Gestaltung der Chemie waren es doch eigentlich nur die Anwendungen derselben, um derentwillen sie getrieben wurde. Wer sich mit Chemie befaßte, hatte entweder alchemistische Zwecke im Auge, und nur ganz allmählich, und erst gegen das Ende des Jahrhunderts, erwachte ein höheres Interesse an den Erscheinungen. Das gründlichere Studium der chemischen Processe, das nach und nach dadurch hervorgerufen wurde, drängte denn auch die Alchemie immer mehr in den Hintergrund, obwohl die lockende Kunst des Goldmachens, der Panacea des Lebens und der Bereitung des Steins der Weisen, innerhalb dieses ganzen Jahrhunderts noch so viele theils offene,

¹⁾ Monatl. Korresp. VIII, 47.

²⁾ Busch, Handb. VII, 357.

theils verkappte Anhänger zählte, daß zwischen den Alchemisten und Chemikern sich keine strenge Scheidewand errichten läßt.

Die Liste der Personen, die der genannten Zwecke wegen Chemie trieben und nebenbei oft wider ihre Absicht, zwar nicht den Stein der Weisen fanden, doch einen Stein zum Fortbau dieser Wissenschaft herbeiförderten, ist innerhalb des XVII. Jahrhunderts in Deutschland sehr groß, so daß ich mich hier darauf beschränken muß nur einige der vorzüglichsten zu nennen. Ein solcher ist zunächst

Andreas Libau oder **Libavius**, eigentlich noch einer früheren Periode angehörig, war gebürtig aus Halle, von 1588 bis 1591 Prof. der Geschichte und Poesie an der Universität zu Jena, hierauf Physikus zu Rothenburg an der Tauber, und seit 1607 Direktor des Gymnasiums in Koburg, wo er 1616 starb.

Man hält ihn allgemein für den Entdecker des flüchtigen Zinnchlorids, des *Spiritus fumans Libavii*, das er zuerst beschrieb, obwohl so kurz, daß man fast zweifeln möchte, er habe es als etwas Neues betrachtet. Er bereitete es durch Sublimation von 1 Th. Zinn und 4 Th. Quecksilberchlorid, und nannte es daher Liquor s. spiritus argenti vivi sublimati. — **Libau** schrieb auch eine *Alchymia*, Frankfurt a. M. 1597, die als das älteste in Deutschland erschienene Handbuch der Chemie betrachtet werden kann.

Johann Rudolph Glauber, der Paracelsus seines Jahrhunderts, der Entdecker des weltberühmten Salzes, welches nach ihm Glaubersalz, *Sal mirabile Glauberi* heißt, war geb. 1603 zu Karlstadt in Franken. Er verfertigte medicinische und chemische Geheimmittel, von deren Verkauf er lebte und zu dem Zweck auch viel reiste, namentlich in Holland, wo er 1668 zu Amsterdam starb.

Das Glaubersalz stellte er dar, indem er Kochsalz mit Schwefelsäure destillirte, wobei er in der Vorlage Salzsäure und als Rückstand schwefelsaures Natron, sein

Sal mirabile gewann, welches er für einerlei hielt mit dem, was Paracelsus Sal enixum nannte. Er beschrieb dies erst später von ihm angewandte Verfahren 1658 ¹⁾).

Glauber erlangte durch seine Schriften, deren er eine beträchtliche Zahl abfaßte, einen großen Ruf. Gegen die herrschende Sitte der Zeit schrieb er sie alle in deutscher Sprache, obwohl meist mit halb lateinischen halb deutschen Titeln, und das mag wohl mit zu deren Popularisirung beigetragen haben; auch wurden sie ins Französische und Englische übersetzt. Eine derselben: *Neue philosophische Oefen oder Beschreibung einer neuen Destillirkunst, Amsterdam 1648*, ist auch für den Physiker von Interesse, indem darin der erste Fall einer Verdichtung zweier Metalle bei ihrer Zusammenschmelzung vorkommt. Er goß in einerlei Kugelform 2 Kugeln von Kupfer und 2 Kugeln von Zinn, schmolz diese 4 Kugeln zusammen, und suchte nun wieder aus der Mischung Kugeln zu gießen in derselben Form. Obwohl, wie er angiebt, nichts verloren ging, erhielt er zuletzt nur 3 Kugeln! Galilei und Andere kannten die Verdichtung beim Mischen der Körper noch nicht.

In einer anderen Schrift: *Deutschlands Wohlfahrt, Amsterdam 1656* zeigt sich uns Glauber von patriotischer Seite, indem er dringend zur Industrie auffordert und sehr dagegen eifert, daß man Blei, Kupfer, Pottasche und andere Rohprodukte ausführe, um dafür Artefakta wie Bleiweiß, Grünspan, Glas u. a. m. zu hohen Preisen vom Auslande wieder einzulösen.

Johann Joachim Becher, geb. 1635 zu Speier als Sohn eines protestantischen Geistlichen, und gest. 1682 in London. Eine Zeit lang war er Prof. der Medicin in Mainz, dann hielt er sich in München auf, den größten Theil seines Lebens aber verbrachte er auf Reisen in Italien, Holland, England, Schottland und Schweden, weshalb er denn auch im Ganzen wenig Arbeiten lieferte, die Ruhe und Zeit erfordern.

¹⁾ Höfer, Hist. de la Chimie II 192.

Zwei Dinge haben jedoch seinen Namen erhalten, zunächst seine *Physica subterranea*, *Francof. 1669*, ein Werk, das noch gegenwärtig citirt wird, und dann der Umstand, daß der berühmte Stahl, der Gründer der ersten allgemeinen chemischen Theorie, des phlogistischen Systems, das trotz seiner inneren Haltlosigkeit einen so mächtigen Einfluß auf den Fortgang der Chemie gehabt hat, sein Schüler war. Man sagt, daß Stahl einen Theil seiner Ideen aus den Lehren von Becher geschöpft habe.

198. Ungleich höheren Ruhm als Becher erlangte unter den Zeitgenossen Johann Kunckel von Löwenstjern. Er war der Sohn eines Goldarbeiters, und geb. 1638 zu Hütten bei Rendsburg. Durch die Apothekerkunst, der er sich widmete, kam er auf die Chemie, in der er bald soviel Kenntniß und Geschicklichkeit erwarb, daß er zu einem seltenen Ansehn gelangte. Theils als Apotheker, theils als Laborant, theils als Alchemist, wurde er von einem Hof an den andern berufen, und mit Ehren und einträglichen Gehalten belohnt. So diente er successive den Herzögen Franz Karl und Julius Heinrich von Lauenburg, dem Kurfürst Joh. Georg II. von Sachsen, dem Kurfürst Friedrich Wilhelm von Brandenburg und zuletzt dem König Karl XI. von Schweden, der ihm 1690 die oberste Leitung des Bergwesens in seinem Reich anvertraute, und ihn unter Verleihung des Namens von Löwenstjern in den Adelstand erhob. Er starb 1703 zu Dreißighufen, seinem Landgut bei Pernau in Livland.

Wenngleich Kunckel auch, entweder aus Ueberzeugung oder aus Lebensklugheit, nicht ganz die alchemistischen Lehren verwarf, so muß man doch anerkennen, daß er, wenigstens in späterer Zeit, das Unhaltbare mancher dieser Träumereien aufdeckte. In seinem *Laboratorium chymicum*, welches 1716 nach seinem Tode zu Hamburg und Leipzig herauskam und eines seiner Hauptwerke ist, erklärte er, daß es keine Transmutationen oder Metallverwandlungen gebe, daß das angebliche allgemeine Auf-

lösungsmittel Alkahest (ob von Alkali oder Allgeist, sicher All Lügen ist!) ein Unding sei.

Entschiedenenes Verdienst hat **Kunckel** um mehrere Zweige der technischen Chemie. Er ist Erfinder des sogenannten Rubinglases, des mit Gold rubinroth gefärbten Glases, dessen Bereitung bis in die neueste Zeit ein Geheimniß gewesen ist. Wie er selbst erzählt, kam er auf diese Erfindung dadurch, daß ein hamburger Arzt, **Andreas Cassius**, der zugleich Leibarzt des Bischofs von Lübeck war, vermuthlich durch **Glauber** darauf gebracht, mit Zinnlösung einen purpurrothen Goldniederschlag bereitet hatte. Es ist dies der sogen. **Cassius'sche Goldpurpur**, dessen Darstellung von dem Sohne des angeblichen Erfinders, der auch **Andreas** hieß und Arzt in Lübeck war, im J. 1685 beschrieben ward, ohne daß man mit Gewißheit sagen kann, ob er oder der Vater grade dieses Präparat erfunden habe. **Cassius** versuchte seinen Purpur zur Färbung des Glases anzuwenden, was aber mißlang.

Dies gab nun **Kunckel** Veranlassung sich mit der Aufgabe zu befassen, und er war bald so glücklich, sie vollständig zu lösen, was ihm ansehnlichen Gewinn brachte. Der Kurfürst Friedrich Wilhelm machte ihm für das erste Glas ein Geschenk von 100 Dukaten, und der Kurfürst von Köln, für den er auf Bestellung einen großen Pokal von 24 Pfund Gewicht aus diesem rothen Glase anfertigte, bezahlte denselben mit 800 Reichsthalern. In den ersten Zeiten verkaufte **Kunckel** das Loth der rothen Glasmasse nicht unter 4 Thaler! ¹⁾

Das von **Kunckel** bereitete Goldglas ist in physikalischer und chemischer Hinsicht eine sehr merkwürdige Substanz, und wenn er es auch nicht zuerst dargestellt haben sollte, so gebührt ihm doch das Verdienst, die Kenntniß und Anwendung desselben verbreitet zu haben, denn schwerlich hat vor ihm irgend Jemand Gefäße daraus gefertigt. Es beschreibt nämlich auch **Glauber** in seinen phi-

¹⁾ Joh. Fr. Gmelin, Gesch. d. Chemie II, 165. 166.

losophischen Oefen ein derartiges Produkt, er fällte aber die Goldlösung mit Liqueur silicum ohne Zinn¹⁾. Nach Einigen soll sogar den Alten das Rubinglas nicht ganz unbekannt gewesen sein (?).

Kunkel befaßte sich auch noch anderweitig mit der Glasmacherkunst, und schrieb darüber *Ars vitraria experimentalis oder vollkommene Glasmacherkunst, Frankf. und Linz 1679*. Er beschreibt darin das Avanturinglas, bis dahin ein Geheimniß der Venetianer, auch enthält das Werk einen Kommentar zu Neri. Dieser Antonio Neri, ein florentiner Priester, sammelte auf Reisen in Italien und den Niederlanden interessante Nachrichten über Bereitung von Emailen, farbigen Gläsern, künstlichen Edelsteinen und Metallspiegeln, worüber er ein Werk schrieb: *L'arte vetraria distinta in libri sette, Firenze 1612*, was sehr großen Ruf erlangte. Florenz, Venedig und Antwerpen waren damals berühmt wegen ihrer Glasfabrikation.

199. Ein anderes Verdienst von Kunkel besteht darin, daß er den Phosphor, das erste neue nicht metallische Element seit der Zeit der Alten, gleichsam zum zweiten Male entdeckte, und die Chemiker mit dessen Darstellung bekannt machte. Wie schon erwähnt (§ 178) war dieser merkwürdige Körper im J. 1669 von einem hamburger Kaufmann Brand entdeckt worden, als derselbe, um seinen zerrütteten Vermögensumständen wieder aufzuhelfen, sich in alchemistische Experimente eingelassen hatte.

Bei einer Anwesenheit in Hamburg erfuhr Kunkel von einem Freund, daß Brand einen im Dunkeln leuchtenden Körper entdeckt habe. Kunkel begab sich zu ihm und suchte die Darstellung dieses Körpers zu erfahren, allein Brand machte ein Geheimniß daraus, weil er, wie sich später ergab, die Bereitungsweise dem gleichzeitig in Hamburg anwesenden Dr. Kraft aus Dresden für 200 Thaler verkauft hatte. Nach mancherlei späteren aber immer vergeblichen Verhandlungen mit Brand erfuhr Kunkel

¹⁾ Höfer, Hist. de la Chimie II, 197.

doch so viel, daß derselbe viel mit dem Urin experimentirt habe, und dies war ihm Fingerzeig genug, die Entdeckung zum zweiten Male zu machen.

Leibnitz, der im ersten Bande der Denkschriften der berliner Akademie eine Geschichte der Entdeckung des Phosphors schrieb, hat wohl Kunckel die Ehre der zweiten Entdeckung streitig machen wollen, aber das Zeugniß von Stahl hebt doch den Zweifel, und verdient um so mehr Zutrauen, als aus allen Details erhellt, daß Brand ein Mann ohne alle chemische Kenntnisse war, und nicht einmal im Stande den Phosphor stets und mit Sicherheit darzustellen.

Der erwähnte Dr. Kraft aus Dresden theilte das von Brand erkaufte Geheimniß dem berühmten Robert Boyle mit, welcher nun zuerst in England Phosphor bereitete, später auch von einem gewissen Gottf. Hankwitz in London bereiten und verkaufen ließ. Boyle ist dadurch bei seinen Landsleuten in den Ruf der Entdeckung dieses Körpers gekommen, aber ebenso mit Unrecht wie in den der Erfindung der Luftpumpe¹⁾. Boyle deponirte 1680 die Vorschrift der Darstellung des Phosphors beim Sekretariat der königl. Gesellschaft mit der Bestimmung, daß sie erst nach seinem Tode veröffentlicht werde, was 1692 in den Philosoph. Transactions geschah (§ 209).

Auch Kunckel theilte das Verfahren zur Darstellung des Phosphors einigen Personen mit, u. A. dem seiner Zeit so berühmten Chemiker Homburg, durch den der neue Körper in Frankreich bekannt wurde, allein er beschrieb das Verfahren nicht in seinem oben genannten Laboratorium chymicum aus Besorgniß, es möchte die allgemeinere Kenntniß desselben Anlaß zu Brandstiftungen geben.

Aus Kunckel's Zeitalter würde ich noch eine ganz beträchtliche Zahl von Aerzten, Pharmaceuten, Technikern und Alchemisten zu nennen haben, wenn es in meinem Plane läge eine vollständige Geschichte der Chemie zu

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 187.

liefern. Da dieses aber nicht der Fall ist, so will ich bei den bereits angeführten stehen bleiben; es sind die bedeutendsten von ihnen, und ihre Schriften reichen hin sich vom Zustand der Chemie des XVII. Jahrhunderts ein richtiges Bild zu entwerfen. Sie liefern den Beweis, daß die Chemie in jener Zeit zwar noch ohne rechte Wissenschaftlichkeit, aber doch mit relativ bedeutendem Eifer und großer Verbreitung bei uns betrieben wurde.

Wir wollen uns nun nach England und Frankreich wenden, um die Ausbildung der Physik im engeren Sinne des Worts in diesen Ländern weiter zu verfolgen.

Royal Society.

200. Mitten in dem bürgerlichen Kriege, der in England zwischen König und Parlament ausgebrochen war, im J. 1645 trat bereits zu London eine kleine Gesellschaft von Männern zusammen, um ihre Erholung und ihren Trost über das damalige Elend des Landes in der Unterhaltung über naturwissenschaftliche Gegenstände zu suchen. Drei Jahre darauf, also 1648, ging ein Theil der Gesellschaft nach Oxford, und setzte daselbst seine Zusammenkünfte im Hause des Apothekers Cross fort. In diesem Hause wohnte damals der berühmte Robert Boyle, und dies gab Veranlassung, daß er sowohl wie der geistreiche Robert Hooke, der mit Boyle in gemeinschaftlichen Arbeiten beschäftigt war, sich der Gesellschaft anschlossen. Im J. 1659 kehrte der größte Theil der oxforder Mitglieder wieder nach London zurück, und vereinigte sich wiederum mit dem daselbst verbliebenen Theil der Gesellschaft.

Diese Gesellschaft hielt regelmäßig alle Donnerstag Versammlungen, und wuchs ansehnlich durch den Beitritt von wissenschaftlichen Notabilitäten aus bürgerlichem und adligem Stande. Die meisten Mitglieder waren Tories, d. h. sie hielten es mit der königlichen Parthei, und hatten daher alle Ursache sich während Cromwell's Protektorat möglichst still zu verhalten. Man nannte die Gesellschaft daher insgemein das unsichtbare Kollegium. Als indeß

Cromwell 1658 gestorben war, und nach der bald darauf 1659 erfolgenden Abdankung seines Sohnes Richard in Karl II. dem Sohne des 1649 enthaupteten Karl I. die alte Dynastie wiederum auf den Thron gelangte, trat die Gesellschaft aus ihrer Verborgenheit hervor, und konstituirte sich öffentlich am 18. November 1660. Zwei Jahre darauf am 15. Juli 1662 erhielt die Gesellschaft die königliche Bestätigung und damit das Recht, sich königliche Gesellschaft von London nennen zu dürfen. Lord Brouncker, Kanzler und Groß-Siegelbewahrer unter Elisabeth, wurde der erste Präsident der Gesellschaft, die in der Liste ihrer Mitglieder die Namen von Boyle, Hooke, Wren, Ward, Wilkins und anderen berühmten Männern aufzuweisen hat.

Einige Engländer haben wohl dem Lord Baco die Idee der Bildung dieser Körperschaft vindiciren wollen, weil er in einer Fabel: *Die neue Atlantis* den Plan zu einer Gesellschaft oder Akademie der Wissenschaften entwickelt hat; allein man hat ihm hierin zu viel Ehre angethan, denn der Gedanke sich mit unterrichteten Männern zur Förderung naturwissenschaftlicher Zwecke zu verbinden war ausgegangen von Theodor Haak, der 1605 zu Neuhausen bei Worms geboren war, in Oxford und Cambridge Theologie studirt hatte, und später Diakonus des Bischofs von Exeter Jos. Hall gewesen ist; er starb 1690 zu London.

Die weitere Anregung zur Bildung der londoner Gesellschaft gab wohl Italien, und namentlich war es die Accademia del Cimento, die man zum Muster nahm, indem man die Untersuchungen gemeinschaftlich betrieb, und dabei ausschließlich den Weg der Erfahrung einschlug. Man verfolgte diese Richtung in der ersten Zeit bis zur Einseitigkeit, indem man aller Theorie entsagte, und sich bloß auf das Sammeln von Thatsachen legte. Erst als einige ausgezeichnete Mitglieder, namentlich Newton, die mathematische Spekulation an die Ergebnisse der Erfahrung anzuknüpfen lehrten, fing man an diese höhere Richtung des Naturstudiums zu achten und zu verfolgen. Indefs ist eine gewisse Abneigung gegen die Theorie bei großer Treue und Sorgfalt in Beobachtungen bis auf den

heutigen Tag ein vorwaltender Zug in der Naturforschung der Engländer geblieben, als deren Typus man eben die Leistungen der königl. Gesellschaft betrachten kann.

Im J. 1665 begann die Gesellschaft die Arbeiten ihrer Mitglieder durch den Druck bekannt zu machen unter dem Titel: *Philosophical Transactions*, den sie bis auf den heutigen Tag behalten haben, und den man im Deutschen durch *Physikalische Verhandlungen* wieder geben muß, weil die Engländer unter Natural Philosophy oder Naturphilosophie das verstehen, was wir Physik nennen. Solcher Transactions hat die Gesellschaft meist jährlich einen Band herausgegeben, so daß die ganze Sammlung bis zum J. 1844 nicht weniger als 138 Quartanten umfaßt, bis zum J. 1852 dagegen 146 und bis 1860 auf 154 Bände kommt.

Die Anzahl der in dieser voluminösen Sammlung niedergelegten Thatfachen ist außerordentlich, und man hat daher schon im vorigen Jahrhundert für nöthig erachtet, das Wichtigere von ihnen in Auszügen zusammen zu stellen. Auch diese Auszüge bilden bändereiche Werke, unter denen der im J. 1809 von Hutton, Shaw und Pearson angefangene der vorzüglichste ist, welcher die Zeit von 1665 bis 1800 umfaßt, und 18 Quartbände bildet.

Die Mitglieder der londoner Gesellschaft beziehen, obwohl sie königlich heißt, kein Gehalt vom Staat, sondern zahlen im Gegentheil einen nicht unbedeutenden Geldbeitrag. Die Gesellschaft hat sich dadurch eine gewisse Unabhängigkeit bewahrt, hat aber dafür mit dem Nachtheil zu kämpfen, daß des pekuniären Interesses und anderer Rücksichten wegen Personen zu Mitgliedern aufgenommen werden, die nur sehr geringe, oft gar keine wissenschaftliche Qualifikationen besitzen. Im J. 1830 zählte die Gesellschaft, die bei ihrem Anfang nur 55 Mitglieder hatte, deren 714, von denen nur 109 etwas zu den Schriften beigetragen hatten, 37 der letzteren sogar nur einen einzigen Aufsatz.

Diese und andere Mängel sind neuerdings von Babbage in einer eigenen Schrift: *Ueber den Verfall der Wissen-*

schaften in England, Lond. 1830 speciell auseinander gesetzt, aber wohl in einem zu trüben Lichte dargestellt. Wenn auch $\frac{1}{4}$ der Mitglieder nur eine stumme Rolle in der Gesellschaft spielen, so ist es doch andererseits ein erfreulicher Zug, daß die Vornehmen und Begüterten des Landes eine Ehre darein setzen ihre Namen einer gelehrten Gesellschaft einverleibt zu sehen, und dafür den Geldbeitrag nicht scheuen. Es ist dies in einem Lande wie Großbritannien sogar eine Nothwendigkeit, da die Regierung, wenige Fälle abgerechnet, grundsätzlich nichts zur Erhaltung der Wissenschaften beisteuert. Ueberdies ist es ein geschichtliches Faktum, daß der Glanz aller Gesellschaften von einzelnen thätigen und reichbegabten Mitgliedern ausgeht, und an solchen hat es der Royal Society in London niemals gefehlt. Zu allen Zeiten, freilich früher mehr als jetzt, hat sie Männer zu den ihrigen gezählt, welche die Wissenschaft durch wahrhaft große Entdeckungen bereicherten.

Pariser Akademie.

201. Das zweite Institut, dessen Stiftung das letzte Drittel des XVII. Jahrhunderts auszeichnet, nicht allein als ein Zeichen des Fortschritts der Wissenschaften an sich, sondern auch der Anerkennung ihres hohen Werthes von Seiten der Regierungen, ist die Akademie der Wissenschaften zu Paris. Sie kam unter Ludwig XIV. in der glänzendsten Epoche seiner Regierung, kurze Zeit nach dem pyrenäischen Frieden durch Colbert zu Stande, und wurde im J. 1666 gegründet.

Anfangs bestand sie nur aus sieben Mitgliedern: **Carcavi, Huyghens, Roberval, Frénicle, Auzout, Picard und Buot**, lauter Mathematiker und Physico-Mathematiker, denen aber sehr bald noch andere in der Wissenschaft glänzende Männer hinzutraten, zum Theil aus Italien berufen, wie **Domenico Cassini, Maraldi** u. A.

Auch in Paris existirte schon lange vor der Akademie eine Gesellschaft, die man als Keim derselben betrachten

kann. Es war die Gesellschaft, welche sich vom J. 1635 an beim Pater Mersenne versammelte, und später von den Herren Montmor und Thévenot geleitet wurde. Duhamel meint sogar in seiner Geschichte der pariser Akademie, diese Gesellschaft habe zu der Royal Society in London Anlaß gegeben, was aber ein Irrthum ist ¹⁾).

Es ist auch zu bemerken, daß vor der Gründung der pariser Akademie der Wissenschaften im J. 1666 schon andere Akademien in Paris existirten; so z. B. die Academie française, deren Zweck auf die Reinigung und Vervollkommnung der französischen Sprache gerichtet ist, ein Nachbild der Accademia della Crusca in Rom. Sie wurde 1635 vom Kardinal Richelieu gegründet oder vielmehr bestätigt, da schon 1634 ein Privatmann Valentin Conrard zu ihr den Grund gelegt hatte. Noch älter ist zu Paris die Akademie der Malerei und Bildnerei, welche ihren Anfang schon zu Ende des XIV. Jahrhunderts nahm, und successive von Carl VII. im J. 1430, und von Heinrich III. im J. 1584 bestätigt und erweitert wurde. Selbst Colbert stiftete vor der Akademie der Wissenschaften noch eine andere Akademie, nämlich im J. 1663 die der Inskriptionen und Medaillen, welche man die kleine Akademie zu nennen pflegte, weil sie anfänglich nur aus vier Mitgliedern bestand.

Alle diese Akademien wurden aber bald durch die Akademie der Wissenschaften verdunkelt, die sich in kurzer Zeit zu dem ersten Institut ihrer Art erhob, nicht allein auf dem Kontinent, sondern in ganz Europa, wiewohl die londoner Gesellschaft in manchen Dingen immer eine glückliche Nebenbuhlerin von derselben geblieben ist. Im J. 1699 wurde die Akademie reorganisirt, und sie erhielt dabei die Einrichtung, die sie im Wesentlichen bis zur Zeit der französischen Revolution beibehalten hat.

Bis dahin waren die Arbeiten sehr unregelmäßig und zerstreut publicirt, theils in Duhamel's *Historia regiae scientiarum academiae*, Par. 1698, theils in dem *Journal des*

¹⁾ Birch, History of the Royal Society, London 1756.

savants, einer im J. 1665 von De Salle gegründeten Zeitschrift nach Art unserer *Acta Eruditorum*, denen sie auch zum Vorbild gedient hat. De Salle war Parlamentsrath in Paris, und das von ihm geschaffene *Journal des sav.* bestand bis 1790 ohne Unterbrechung, dann ging es ein, wurde aber 1816 wiederhergestellt und besteht noch.

Seit dem J. 1699 gab die Akademie aber eigene Denkschriften heraus, jährlich einen Quartband, und sie lieferte sogar die früheren Arbeiten in besonderen Bänden nach. Bis zum J. 1793 erschienen daher:

11	Bände der früheren Abhandlungen von 1666—1699,
92	- - - - - 1699—1790,
11	- von Abhandlungen fremder Gelehrten,
9	- Kupfertafeln,
7	- Maschinen,
<hr/> 130 Bände.	

Im J. 1793 nahm diese Akademie ein Ende, da der National-Konvent das Gesetz, wodurch alle Korporationen für aufgehoben erklärt wurden, auch auf sie anwandte. Diese ältere Akademie hat sich nicht allein ausgezeichnet durch treffliche Arbeiten ihrer einzelnen Mitglieder, sondern auch durch große Unternehmungen, die sie durch Kommissionen, aus ihrer Mitte erwählt, hat ausführen lassen. Dadurch und durch das Richteramt, welches sie zugleich in den ihrem Wirkungskreise angewiesenen Wissenschaften verwaltete, hat sie einen großen und heilsamen Einfluß auf die Ausbildung des Naturstudiums ausgeübt, und namentlich Frankreich vor manchen Verirrungen und Abwegen in der Naturforschung bewahrt, welche anderswo z. B. in Deutschland, wo keine solche wissenschaftliche Behörde die Bestrebungen des größeren Publikums leitete, bis in die neueste Zeit viel Unheil angerichtet oder mindestens viel Unsinniges und Nutzloses zu Tage gefördert haben.

Noch während der Revolution am 20. November 1795 wurden die aufgehobenen pariser Akademien wieder hergestellt, reorganisirt und zu einer einzigen Körperschaft

vereinigt unter dem Titel: *Institut national des sciences et des arts*. Es zerfiel in 4 Klassen:

- 1) für physikalische u. mathematische Wissenschaften,
- 2) - französische Sprache und Literatur,
- 3) - Geschichte und fremde Literatur,
- 4) - schöne Künste.

Nach der Restauration im J. 1816 wurde diese Einrichtung etwas verändert, der Name Institut, wenigstens als Institut royal de France beibehalten, die Klassen des früheren Instituts zu Akademien erhoben, denen später noch eine fünfte für Moral und Politik hinzugefügt ward.

Die dritte dieser Akademien ist die der Wissenschaften; sie hat die meisten Mitglieder und nimmt, was Ansehn in Frankreich und im Auslande betrifft, unstreitig auch jetzt den ersten Rang unter ihren Schwestern ein. Statutenmäßig zählt sie 65 Mitglieder getheilt in 11 Sectionen, nämlich:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) Geometrie (Math.), | 7) Mineralogie, |
| 2) Mechanik, | 8) Botanik, |
| 3) Astronomie, | 9) Landwirthschaft |
| 4) Geographie u. Nautik, | 10) Anatomie und Zoologie, |
| 5) Physik, | 11) Medicin. |
| 6) Chemie, | |

Dies Institut, oder wenigstens die mathematisch-naturwissenschaftliche Abtheilung desselben, ist die würdige Nachfolgerin der älteren Akademie geworden. Sie hat sowohl während der Republik und des Kaiserreichs, als auch während des ersten Decenniums der Restauration eine so große Anzahl der hervorragendsten Männer unter ihren Mitgliedern aufzuweisen gehabt, daß schwerlich zu glauben steht, es werde für Frankreich sobald wieder eine so glänzende und fruchtbare Periode in den exakten Wissenschaften zurückkehren. Der jetzige Zustand kommt dem früheren bei weitem nicht gleich. Eine beträchtliche Anzahl jener großen Männer ist nicht mehr am Leben, ein anderer Theil lebt zwar noch, ist aber für die Wissen-

schaft so gut, wie todt, und der junge Nachschuß steht an Zahl sowohl wie an Geist jenen Alten bedeutend nach.

Nach dem Vorbild der drei eben besprochenen Institute, der londoner Gesellschaft, der leopoldinischen und der pariser Akademie, welche allein sich aus der älteren Zeit bis auf die Gegenwart erhalten haben, sind nach und nach die vielen Gesellschaften und Akademien entstanden, welche wir gegenwärtig vorfinden. Fast jeder Staat hat wenigstens eine Akademie oder gelehrte Gesellschaft, und sie werden fast ebenso als ein Requisit der Residenzen angesehen, wie Museen, Kunstvereine und Theater. Die Zahl derselben ist so groß, daß es ein vergebliches Bemühen sein würde sie alle aufzählen zu wollen, auch muß man gestehen, daß viele darunter sind, deren Leistungen nicht über die Provinz oder Landschaft hinausgehen, zu deren Nutzen sie gestiftet worden sind. Zu den bedeutenderen Instituten der Art gehören die folgenden, bei welchen dem Wohnsitz das Stiftungsjahr hinzugesetzt ist:

Berlin	1700	Kopenhagen	1743	München	1759
Bologna	1712	Göttingen	1750	Turin	1760
Petersburg	1725	Edinburg	1754	Brüssel	1769
Upsala	1725	Erfurt	1754	Dublin	1782
Stockholm	1739	Mannheim	1755	Societ. Ital.	1782
		Wien	1848.		

Sternwarten.

202. Mit der Stiftung der von den Regierungen sanktionirten gelehrten Gesellschaften und Akademien ging Hand in Hand die Gründung der permanenten und wohlfundirten Sternwarten.

Ganz neu sind diese Institute freilich nicht; Chaldäer, Aegypter, Inder und Chinesen hatten lange vor den Europäern feste Sternwarten. Mohamed Schah ließ gegen Ende des XVI. Jahrhunderts in der Absicht den Kalender durch astronomische Beobachtungen zu berichtigen mit einem Male fünf Sternwarten in Hindostan errichten, zu Delhi, Benares, Matra, Oujein und Suvay Jeypoor, deren

Ueberbleibsel zum Theil noch existiren. Es sind kolossale Gebäude, alle nach einem Muster erbaut, in oder auf welchen die Beobachtungen an verschiedenen aus Stein aufgeführten Sonnenuhren von ungeheurer Gröfse ange-
stellt wurden.

Auch Sternwarten in neuerem Sinn waren schon gegründet worden, jedoch noch ohne Meßwerkzeuge mit Fernröhren, da diese damals noch nicht erfunden waren. Die erste dieser Art war die, welche Landgraf Wilhelm IV. (gest. 1592) zu Kassel 1561 errichten ließ. Er selbst war Liebhaber der Astronomie, und mit ihm beobachteten die Mathematiker Rothmann und Byrg, dieser ein Schweizer, der gewöhnlich als Erfinder der gemeinen Logarithmen angesehen wird. Fünfzehn Jahre später erhob sich auf der kleinen Insel Hven im Sunde die Sternwarte, auf welcher Tycho Brahe eine so große Reihe wichtiger Beobachtungen anstellte (§ 66), und die theils wegen ihrer Einrichtung und Instrumente, theils durch den Ruf ihres Vorstehers veranlaßt, als ein wahres Wunder der Zeit angestaunt wurde. Ihre Grundsteinlegung erfolgte am 8. August 1576.

Aber diese Sternwarten waren doch nur als Privat-Institute zu betrachten, da sie denn auch eingingen, sobald ihre Gründer entweder durch den Tod oder wie Tycho Brahe durch Zeitverhältnisse ihrem Wirkungskreis ent-
rissen wurden, und sie können ebenso wenig wie jene orientalischen Observatorien mit unsern heutigen öffentlichen Sternwarten verglichen werden. Diese letzteren nehmen ihren Ursprung mit der Gründung jener gelehrten Körperschaften am Ufer der Seine und Themse.

Die älteste darunter ist die pariser Sternwarte, welche ein Jahr nach der Gründung der Akademie, d. h. 1667 angefangen und 1672 vollendet wurde; Domenico Cassini war der erste Astronom daran. Ihr folgte die Sternwarte zu Greenwich, welche sich in der praktischen Astronomie einen noch höheren Ruf erworben hat. Die Grundsteinlegung geschah unter Karl II. auf einem hochgelegenen

Theil des Parks von Greenwich am 10. August 1675. Sieben ausgezeichnete Männer haben daran als sogenannte königliche Astronomen bis jetzt fungirt:

Flamsted bis 1719	Maskelyne bis 1811
Halley - 1742	Pond - 1836
Bradley - 1762	Airy noch gegenwärtig.
Bliss - 1764	

Die berliner Sternwarte wurde in den Jahren 1700 bis 1706 erbaut und eingerichtet, und Gottfr. Kirch aus Guben war ihr erster Direktor, der aber schon 1710 starb (§ 196).

Boyle.

203. Nach dieser Episode wollen wir nun wieder zum XVII. Jahrhundert zurückkehren und den Faden dort aufnehmen, wo wir ihn haben liegen lassen. Die Männer, welche wir nun zu betrachten haben, waren mit wenigen Ausnahmen Mitglieder der beiden gelehrten Korporationen in Paris und London. Ihre Arbeiten greifen aufs Mannichfaltigste in einander, und drängen sich in einen Zeitraum von wenigen Decennien zusammen. Aus diesen Gründen ist es nicht rathsam sie nach der Nationalität zu sondern, oder bei der Betrachtung rein den chronologischen Gesichtspunkt festzuhalten; es würden dadurch verwandte Arbeiten sehr auseinander gerissen und man übersähe nicht, wie sie oft auf einander eingewirkt haben. Ich werde daher die Männer, welche nunmehr den Schauplatz betreten, in der Folge vorführen, wie sie sich durch den inneren Zusammenhang ihrer Untersuchungen am natürlichsten an einander reihen, und demnach mit Robert Boyle den Anfang machen, dessen Leistungen im engsten Anschluß stehen an die der florentiner Physiker und die unseres Landsmanns O. v. Guericke. Machen wir uns zunächst etwas mit seinen persönlichen Verhältnissen bekannt.

Robert Boyle war der siebente Sohn und das vorletzte der 15 Kinder des Grafen Richard Boyle von Cork, eines

Mannes von ausgezeichneter Persönlichkeit, der gewöhnlich der große Graf von Cork genannt wurde, und das protestantische englische Interesse mit solcher Energie und Geschicklichkeit beförderte, daß Cromwell von ihm sagte, wenn er in jeder Provinz einen Mann wie Boyle gehabt hätte, die irische Rebellion niemals ausgebrochen sein würde.

Der junge Boyle, geb. 1626 am 25. Januar zu Lismore in der Grafschaft Cork, wurde sorgfältig und streng nach den Grundsätzen der anglikanischen Kirche erzogen, was auf sein ganzes Leben von bleibendem Einfluß war. Um seine Bildung zu vollenden schickte ihn der Vater unter Aufsicht eines Hofmeisters im J. 1638 nach Genf, wo er einige Jahre blieb, hierauf ließ er ihn eine Reise nach Italien und dem südlichen Frankreich machen. Robert Boyle, eben ein 16 jähriger Jüngling, war grade in Florenz, als Galilei auf seinem Landgut bei Arcetri starb.

Im J. 1644 nach dem Tode seines Vaters, der ihn in den Besitz eines sehr bedeutenden Vermögens setzte, kehrte er nach England zurück, und schlug bald hernach seinen Wohnsitz auf einem Landgute bei Stallbridge in Dorsetshire auf. In dieser ländlichen Zurückgezogenheit beschäftigte er sich vorzugsweise mit philosophischen und theologischen Studien, für die er bis zu seinem Lebensende eine große Neigung behielt. Seine Erziehung, sein zur Schwermuth und Phantasie hinneigendes Gemüth, der Geist der Zeit, in welcher er lebte, alles dies gab ihm eine religiöse Richtung, wie sie heut zu Tage außerhalb England nur selten angetroffen wird, dort aber selbst bei Naturforschern ziemlich häufig ist.

Als Beweis dieser Richtung, die er für sein ganzes Leben behielt, will ich nur anführen, daß er, um die Bibel in der Ursprache lesen zu können, orientalische Sprachen studirte, daß er selbst mehrere theologische und religiöse Schriften herausgab, daß er die Bibel ins Irische, Gälische, Malayische und Türkische übersetzen ließ, und dafür an 5000 Thaler verwendete, daß er zu den Missionen in

Amerika über 2000 Thaler beisteuerte, und daß er in seinem Testament eine Rente von 350 Thalern aussetzte, damit dafür acht Predigten im Jahr über die Wahrheiten des Christenthums gehalten würden. Die Uebersetzung der Bibel ins Malayische hatte darin ihren Anlaß, daß Boyle mehrere Jahre einer der Direktoren der ostindischen Kompagnie war. Dieser religiöse Eifer machte ihn in Glaubenssachen etwas unduldsam, sonst war er bescheiden, und nicht bloß dem Namen sondern auch der That nach ein Christ.

Im J. 1654 zog er nach Oxford, und diese Uebersiedelung gewann ihn für die Naturwissenschaften, denen er sich von nun an mit so unermüdlichem Eifer hingab. Vermuthlich waren es die Zusammenkünfte und Verhandlungen des unsichtbaren Kollegiums, welche ihn auf diese neue Bahn leiteten, und der Umstand, daß dieselben in dem Hause des Apothekers Crofs gehalten wurden, mag auch wohl Veranlassung gegeben haben, daß er daselbst seine Wohnung nahm, und grade für Chemie ein specielles Interesse faßte.

Boyle schloß sich diesem Kollegium an, und blieb auch Mitglied desselben, als es wieder nach London zog, und sich daselbst öffentlich als Royal Society konstituirte. Er selbst blieb aber noch geraume Zeit in Oxford wohnen, und erst im J. 1668 verlegte er seinen Wohnsitz nach London. Hier führte er denn ein stilles Privatleben, 23 Jahre lang, unablässig seine Zeit theilend zwischen religiösen Bestrebungen und physikalischen Untersuchungen. 1680 wurde er zum Präsidenten der Royal Society erwählt, er lehnte aber die Ehre ab.

Er starb unverheirathet im 65. Jahre seines Lebens am 30. Dec. 1691, sieben Tage nach seiner Schwester Lady Ranelagh, mit welcher er 47 Jahre zusammengewohnt hatte. Seine Ueberreste wurden in der Westminster-Abtey beigesetzt.¹⁾

¹⁾ Edinburgh Encyclopädie, Vol. IV.

204. **Rob. Boyle** wird häufig von seinen Landsleuten der große Experimentator genannt, und in der That verdient er diesen Namen; denn wiewohl das sorgfältige und unermüdliche Beobachten immer ein vorwaltender und lobenswerther Zug bei englischen Naturforschern gewesen ist, so möchte es doch unter ihnen, wenn man etwa Priestley ausnimmt, keinen gegeben haben, der eine so große Masse von Thatsachen ans Licht gefördert hat, als eben Boyle. Er hat dadurch der Wissenschaft für seine Zeit einen außerordentlichen Vorschub geleistet; allein da die meisten der von ihm aufgefundenen Thatsachen im Fortgang der Wissenschaft an Werth verloren haben, oder unter allgemeinere Gesichtspunkte gestellt worden sind, so hat sich sein Andenken, gleich dem von Priestley, in der Wissenschaft weniger erhalten, als das von andern Männern, welche, ohne den Thatbestand der Wissenschaft so massenhaft erweitert zu haben, durch ihre Ideen und Untersuchungen neue Bahn brachen, und das Gebiet der Forschung intensiv erweiterten. In diese Klasse von Physikern, zu welcher wir Männer wie Galilei, Kepler, Huyghens, Newton zählen müssen, kann Boyle nicht versetzt werden, aber anzuerkennen ist, daß er an den Fortschritten der Experimental-Physik einen wesentlichen Antheil gehabt hat.

Boyle's Werke sind ungemein zahlreich; sie sind nach seinem Tode gesammelt und unter dem Titel: *Opera omnia philosophica et chemica* mehrmals herausgegeben. Die vollständigste Ausgabe, 1744 in englischer Sprache erschienen, umfaßt 5 Folio-bände, und davon ist wieder ein Auszug gemacht worden, der 3 Quartanten füllt. Dessenungeachtet hat man kein ganz vollständiges und chronologisch geordnetes Verzeichniß seiner Schriften, da einige durch Feuersbrunst verloren gingen, andere gestohlen, noch andere durch Säuren zerstört wurden.¹⁾

¹⁾ J. F. Gmelin, Gesch. d. Chemie II, 99; Edinb. Encyclop. IV, 385.

Einen Hauptgegenstand der physikalischen Arbeiten Boyle's bildeten Versuche mit der Luftpumpe. Diese spielte damals bei den Beschäftigungen der Physiker ungefähr dieselbe Rolle, wie späterhin die Elektrisirmaschine und die voltasche Säule. Jeder Körper wurde unter die Luftpumpe gebracht, jedes Experiment im Vakuum wiederholt, um zu sehen, was sich Neues dabei zeigen würde. Indefs muß man Boyle das Zeugniß geben, daß er mit Sinn und Geschick experimentirte, und manche wichtige Thatsache ans Licht förderte. Nur trifft ihn der Vorwurf, daß er viele Versuche angestellt hat, die bereits von Andern gemacht waren, ohne diese zu nennen, wodurch er namentlich bei seinen Landsleuten zur Ehre mancher Entdeckung gelangt ist, die ihm nicht gehört.

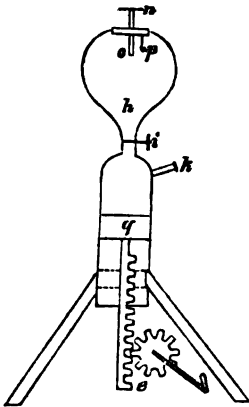
Ob dies Verschweigen absichtlich oder zufällig war, läßt sich mit Bestimmtheit nicht sagen. In einigen Fällen hat er wohl die Arbeiten seiner Zeitgenossen nicht gekannt, oder ist gleichzeitig mit ihnen auf dieselben Entdeckungen gerathen; in andern Fällen waren seine Versuche auch nur Wiederholungen und Erweiterungen der von Andern angestellten. Boyle stand, als sich sein Ruf mehr verbreitet hatte, in einem ausgedehnten Briefwechsel mit den Gelehrten seiner und anderer Nationen, und sogleich, wie ihm eine neue Thatsache mitgetheilt wurde, suchte er sich durch eigene Erfahrung von deren Realität zu überzeugen. Dabei mag er denn das Citiren manchmal wohl für überflüssig gehalten haben.

Die Luftpumpe lernte Boyle 1657 aus der *Mechanica hydraulico-pneumatica* unseres Landsmannes Caspar Schott kennen. Sie gab ihm Anlaß zu einer ausgedehnten Arbeit über die Elasticität der Luft, die unter dem Titel: *New experiments physico-mechanical touching the spring of the air* vom December 1659 datirt, und eine seiner ältesten ist.

Da die Guericke'sche Luftpumpe, namentlich in ihrer frühesten Gestalt, die Boyle damals allein kannte, manche Mängel darbot, so bemühte er sich, sie zu verbessern.

Nach einigen Versuchen, wobei ihn Robert Hooke unterstützte, gab er ihr die Gestalt Fig. 16, die er in der genannten Abhandlung von 1659 abbildete und beschrieb. Auf einem

Fig. 16.



festen Fußgestell war der Cylinder in vertikaler Richtung befestigt, und in ihn der Recipient *h* eingekittet. Dieser hatte einen metallenen Deckel mit einem drehbaren Stab *no*, neben welchem unten am Deckel ein Haken *p* sich befand. Wird nun am Stab bei *o* ein Faden befestigt, welcher über den Haken *p* geht und die zu untersuchenden Gegenstände trägt, so kann man diese durch Umdrehung des Stabes, auf welchen

sich der Faden aufwickelt, heben und senken. Der Stempel *q* wird von unten in den messingenen Cylinder gesteckt, und mittelst einer gezahnten Stange und Getriebe *e* auf- und abbewegt. Am oberen Theil des Cylinders befindet sich ein Loch mit eingeschliffenem Stöpsel *k*. Oeffnet man den Hahn *i* und bewegt den Stempel abwärts, so tritt die Luft aus dem Recipienten in den Cylinder, verschließt man hierauf *i* und öffnet *k*, so wird beim Hochgehen des Stempels die Luft im Cylinder aus demselben durch die Oeffnung *k* herausgepreßt.¹⁾

Man sieht diese verbesserte Luftpumpe, eine Hahnluftpumpe, war auch noch ein ziemlich rohes Instrument. Guericke, der dieselbe bald kennen lernte, gab wohl zu, daß sie sich mit weit geringerer Kraft als die seinige bewegen lasse, tadelte aber an ihr nicht ganz mit Unrecht, daß sie zu ihrer Handhabung viel Zeit erfordere. Dies brachte ihn darauf, seine Pumpe 1663 dahin zu verbessern, daß er den Stempel durch einen Hebel bewegen liefs.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 442.

Mit der eben beschriebenen Luftpumpe hat nun Boyle einen grossen Theil seiner schätzbaren Versuche angestellt; indess bekam er im Lauf der Zeit Veranlassung, sie noch ferner zu vervollkommen, ich will daher, ehe ich die Resultate seiner Arbeiten mittheile, noch etwas über diese Vervollkommnungen sagen. Die Veranlassung dazu gab die Bekanntschaft mit Papin.

205. Dieser Denis Papin, ein sehr ausgezeichneter Kopf, war geb. 1647 zu Blois und studirte Medicin zu Paris, wo er auch den Doktorhut erwarb. Weil er Calvinist war, mußte er bei Aufhebung des Edikts von Nantes sein Vaterland verlassen. Er floh zunächst nach England, wo er Boyle kennen lernte, mit dem er eine Reihe gemeinschaftlicher Untersuchungen anstellte, und auf dessen Vorschlag er auch 1681 zum Mitglied der londoner Gesellschaft erwählt wurde, während die pariser Akademie, vermuthlich wegen der Religionsverschiedenheit keine Notiz von ihm nahm. Von England ging er nach Venedig, aber schon 1684 kehrte er wieder nach London zurück, wo er bis 1688 blieb. Hierauf trat er in die Dienste des Landgrafen von Hessen, und funktionirte bis zum J. 1707 als Professor der Physik in Marburg. Er schrieb auch mehrere Aufsätze in den Act. Eruditorum und starb etwa 1614, denn seine Schicksale in seinen letzten Lebensjahren sind unbekannt; nach Einigen soll er nach Frankreich zurückgekehrt sein.

Bereits im J. 1674 hatte Papin zu Paris eine Schrift herausgegeben betitelt: *Nouvelles expériences du vide*, welche eine Verbesserung der Boyle'schen Luftpumpe enthielt, die im Wesentlichen darin bestand, daß der senkrecht herabgehende Stempel mit einem Steigbügel versehen war, durch welchen man ihn mit dem Fusse herunter treten konnte, was allerdings gegen das Arbeiten mit der Hand eine große Erleichterung war.

Die von Papin und Boyle gemeinschaftlich angestellten Versuche wurden beschrieben in einem kleinen Werk, welches 1687 zu London unter dem Titel: *A continuation*

of the new digester of bones herauskam, und wie schon der Titel andeutet, eine Fortsetzung der früheren Schrift ist, welche Papin 1681 zu London veröffentlichte, und welche betitelt war: *A new digester or engine for softing bones*. Diese Schrift ist es, welche ihren Urheber vorzugsweise bekannt gemacht hat, da sie die Beschreibung des sogenannten papinianischen Topfes, der ersten Vorrichtung mit einem Sicherheitsventil enthält, worauf ich künftig noch zurückkommen werde.

In jener Schrift von 1687 wird nun eine Luftpumpe beschrieben, deren Einrichtung bemerkenswerth ist, da sie einen wirklichen Fortschritt in der Konstruktion dieses Instruments enthält. Es ist nämlich die erste Luftpumpe, die mit einem Teller versehen ist, so daß man damit Glocken auspumpen konnte, während man bis dahin auf das Evakuiren von Kugeln beschränkt war, in welche man nur kleine Gegenstände hineinbringen konnte. Ueberdies enthielt diese Luftpumpe statt des Hahnes ein Blasenventil und einen Stempel mit Steigbügel.¹⁾

In der Fortsetzung der Boyle'schen Versuche findet sich auch zuerst eine Luftpumpe mit doppeltem Stiefel beschrieben, eine Vorrichtung, welche man für eine andere wesentliche Verbesserung dieses Instruments ansehen muß, indem dadurch das Evakuiren ohne Unterbrechung fortgesetzt werden kann, also beim Experimentiren bedeutend an Zeit gespart wird. In der Regel schreibt man die Erfindung der Luftpumpe mit doppeltem Stiefel dem Engländer Hawksbee zu, aber mit Unrecht, denn wenn er sie auch vollkommener ausgeführt hat, so hat er sie doch erst 1709 beschrieben. Boyle nämlich verband die beiden Kolbenstangen durch ein Seil, das über eine Rolle lief, während Hawksbee einen Trieb und gezähnte Stangen anbrachte.²⁾

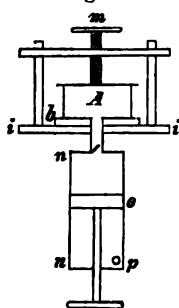
Als ein ferneres Verdienst muß es Boyle angerechnet werden, daß er die erste eigentliche Kompressionspumpe

¹⁾ Acta Erudit. 1687, p. 324.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 444. 449.

konstruierte, eine solche, wie sie zu physikalischen Versuchen erforderlich ist, denn die bis dahin bekannten Instrumente zum Komprimiren der Luft, wie z. B. die Windbüchse, eigneten sich doch nur sehr wenig zum Experimentiren. Boyle's Kompressionspumpe hatte folgende Einrichtung: In ein viereckiges Brett *i i* (Fig. 17) ist ein

Fig. 17.



messingener glatter Teller *b* eingesetzt, dessen Mitte durchbohrt ist. Auf diesen Teller wird der cylindrische Recipient *A* gestellt, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Sein unterer Rand ist mit einem Lederring versehen, um einen dichten Anschluß an den Teller zu bewirken; oben ist der Recipient mit einer ledernen Scheibe bedeckt, welche von einem darüber befindlichen Brett mittelst der Schraube *m* dicht gegen den Recipienten gepresst wird, wodurch auch

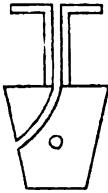
dieser zugleich einen festen Verschluss auf dem Teller erhält. Der Cylinder *n n* ist luftdicht in die Oeffnung des Tellers geschraubt. Wird nun der im Cylinder befindliche Stempel *o* bis unter die Oeffnung *p* herabgezogen, so tritt die äußere Luft in den Cylinder und wird beim Hinaufschieben des Stempels in den Recipienten gedrückt; in diesem wird sie nun verdichtet, da sie durch ein Ventil in der Telleröffnung, das sich nur nach dem Recipienten hin öffnet, am Zurückströmen verhindert wird, wenn der Stempel *o* wieder abwärts geht.¹⁾

Um dieselbe Zeit fingen auch andere Physiker an auf die Verbesserung der Luftpumpe Bedacht zu nehmen. Einen der bemerkenswertheren Fortschritte in der Konstruktion dieses Instruments machte Wolford Senguerd (geb. 1646, gest. 1724), Professor der Physik an der Universität Leyden, bei einer Luftpumpe, die er 1685 in seiner *Philosophia naturalis*, *Lugd. Bat.* beschrieb, aber erst 1697 ausführen ließ. Es war eine Hahnluftpumpe mit einem

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 446.

einigen schiefliegenden Stiefel und einer gezahnten Kolbenstange, die durch einen Kreuzhaspel bewegt wurde. Das Neue der Konstruktion liegt in der doppelten Durch-

bohrung des Hahnes (Fig. 18), vermöge welcher der Stiefel bei einer Stellung des Hahnes mit der Glocke und bei einer darauf rechtwinkligen mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt wird. Vermöge dieser Einrichtung kann die Pumpe sowohl zum Evakuiren als zum Komprimiren gebraucht werden.¹⁾



206. Was nun Boyle's Versuche mit der Luftpumpe betrifft, so sind darunter allerdings viele, die schon vor ihm theils von den florentiner Physikern, theils von O. v. Guericke angestellt wurden, und daher nur als Bestätigungen jener anzusehen sind. Dahin gehören die Erfahrungen:

- 1) daß das Barometer unter der Luftpumpe fällt, und ein Heber im Vakuum zu fließen aufhört;
- 2) daß die Wirkung der Haarröhrchen vom Luftdruck unabhängig ist;²⁾
- 3) daß der Schall im luftleeren Raum nicht fortgepflanzt wird;
- 4) daß brennende Körper im Vakuum verlöschen;
- 5) daß daselbst auch keine Thiere leben können, wenigstens nicht auf die Dauer, denn einige zeigten ihm allerdings ein sehr zähes Leben;
- 6) daß die Magnetnadel im Vakuum nichts von ihrer Wirkung auf den Magneten verliert;³⁾
- 7) daß die elektrische Anziehung auch im luftleeren Raum statt habe.⁴⁾

Neu dagegen sind:

Die Erfahrung über die Wärmeerregung durch Reiben, wobei er fand, daß sie sowohl im luftleeren als im luft-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 448.

²⁾ Ibid. I, 308.

³⁾ Ibid. II, 250.

⁴⁾ Ibid. II, 240.

vollen Raum zu Stande kam. Das war nicht unwichtig, denn man lehrte damals noch allgemein, daß die Wärme, welche durch Reiben harter Körper an einander entsteht, von der dazwischen liegenden Luft herrührt.

Ebenso überzeugte er sich, daß die Wärmeerregung bei chemischen Processen, die keine Verbrennungen sind, mit der Luft nichts zu schaffen haben. Er fand z. B., daß Aetzkalk (gebrannter Kalk) sich beim Benetzen mit Wasser so gut im Vakuum erhitzt wie in freier Luft.

Endlich gab er auch einen Beweis gegen die damalige Lehre von der positiven Leichtigkeit; er zeigte nämlich, daß Rauch von Flüssigkeiten im Vakuum nicht in die Höhe steigt, sondern herabsinkt.

207. Im nächsten Zusammenhang mit diesen Experimenten stehen die, welche Boyle über das Gewicht und die Elasticität der Luft anstellte. Er bestimmte das specifische Gewicht der Luft auf die von Galilei vorgeschlagene Weise, indem er aus einer Aeolipile die Luft durch Erhitzung austrieb, dann den Apparat durch den daran befindlichen Hahn verschloß, ihn wog, dann mit Wasser füllte und abermals wog. Durch diese Methode, die keineswegs besser ist als die von Guericke und kein genaues Resultat liefern kann, sobald man nicht auf die in der Aeolipile zurückgebliebene Luft Rücksicht nimmt, fand er das specif. Gewicht der Luft gegen Wasser = $\frac{1}{533}$.

Bei dieser Gelegenheit bestimmte er auch das specif. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser, und zwar auf zwei verschiedene Weisen. Die eine Methode bestand einfach darin, daß er die Gewichtsmengen bestimmte, die von Wasser und Quecksilber nöthig waren, um ein und dasselbe Gefäß zu füllen. Die andere Methode aber ist bemerkenswerth und wohl zuerst von ihm angewandt; sie beruht auf dem Satz, daß der Druck zweier Flüssigkeiten gleich groß ist, wenn sich ihre Höhen umgekehrt verhalten wie ihre specifischen Gewichte. Er nahm nämlich eine U-förmig gebogene offene Glasröhre mit Schenkeln von

ungleicher Länge, goß in den kürzeren Quecksilber und in den langen Wasser, dann war das Verhältniß der Säulen

Quecksilber : Wasser = 1 : 13 $\frac{1}{2}$.

Die Elasticität der Luft machte Boyle zum Gegenstand vieler Versuche, einerseits um das Dasein derselben überhaupt zu erweisen, andererseits aber um zu sehen, wie weit sich die Verdünnung treiben lasse. Er fand, daß man die Luft noch bis auf das 13000fache verdünnen könne. Gegenwärtig wissen wir, daß die Verdünnung keine Gränzen hat, und diese Ansicht hatte auch schon *Guericke*. Denn nachdem derselbe zu der Ueberzeugung gelangt war, daß die Atmosphäre oben aus einer lockeren Luft bestehe als unten, schloß er, dieselbe habe gar keine bestimmten Gränzen, und erstrecke sich wenigstens 1000 bis 2000 Meilen von der Erde, was freilich heute aus guten Gründen nicht mehr geglaubt wird.

208. Ein größeres Verdienst als durch die bisher angeführten Untersuchungen hat sich Boyle durch eine andere mit der Elasticität der Luft zusammenhängende Frage erworben, ja man kann wohl behaupten, daß die Beantwortung dieser Frage sein größtes und bleibendstes Verdienst um die Physik ausmacht. Boyle hat nämlich zuerst die Relation festgesetzt, die zwischen dem Volumen einer Luftmasse und dem auf ihr lastenden Druck besteht. Er hat bewiesen:

daß sich die Volumina einer und derselben Luftmasse umgekehrt wie die Drucke verhalten.

Dieses Gesetz, welches man späterhin das *Mariotte'sche* genannt hat, und ganz allgemein noch gegenwärtig so nennt, ist nicht zuerst von *Mariotte* aufgefunden, sondern von Boyle. Es ist bemerkenswerth, daß während Boyle so manche Entdeckung zugeschrieben wird, auf deren Priorität er keine Ansprüche machen kann, ihm grade bei seiner wichtigsten Entdeckung nicht die allgemeine Anerkennung zu Theil geworden ist. Indefs hat dies, wie wir sogleich sehen werden, seinen guten Grund gehabt.

Die Veranlassung zur Auffindung des sogenannten Mariotte'schen Gesetzes gab ein Professor zu Lüttich **Franciscus Linus**. Er war Jesuit, 1595 zu London geboren und starb 1675 zu Lüttich, wo er am englischen Collegium angestellt Hebräisch und Mathematik lehrte. Dieser Mann hatte das Unglück, daß er sich nicht vom Dasein des Luftdrucks überzeugen konnte, wie in unserm Jahrhundert der Freiherr v. Driberg (§ 150). Er behauptete die Quecksilbersäule im Barometer werde nicht gehalten durch den Druck der Atmosphäre, oder, falls man das Barometer unten abschließet, durch die Spannkraft der mit eingeschlossenen Luft, sondern durch unsichtbare Fädchen, mittelst welcher das Quecksilber an der Wölbung der Glasröhre gleichsam aufgehängt sei. Er meinte, man könne diese Fädchen (*funiculi*) zwar nicht sichtbar aber doch fühlbar machen, wenn man ein über 28 Zoll langes offenes Glasrohr erstlich unten mit einem Finger zuhalte, dann mit Quecksilber fülle, nun auf das obere Ende auch einen Finger setze und endlich vom unteren Ende, nachdem man es in Quecksilber getaucht, den Finger abziehe; dann fühle man, wie der obere Finger in die Röhre hineingezogen werde!

Boyle erwarb sich das Verdienst diese lächerliche Behauptung zu widerlegen, und dabei entdeckte er das sogenannte Mariotte'sche Gesetz. Zunächst beabsichtigte er nur einen augenscheinlichen Beweis zu geben, daß ein kleines Luftvolumen, wie etwa das im kurzen Schenkel eines Heberbarometers, wenn dieser Schenkel abgeschlossen ist, wirklich dem Druck einer hohen Quecksilbersäule widerstehen und das Gleichgewicht halten könne.

Zu dem Ende nahm er eine lange U-förmig gebogene Röhre mit parallelen Schenkeln, einem langen und einem kurzen, welcher letzterer oben zugeschmolzen war. Diese Röhre stellte er senkrecht auf, und goß so viel Quecksilber hinein, daß es die Biegung füllte und das Luftvolumen im kurzen Schenkel eben absperrte. Diese Luft nahm eine Strecke von 12 Zoll ein. Hierauf goß er in

den langen Schenkel so viel Quecksilber, daß die Luft im kurzen nur noch 6 Zoll einnahm, und da fand er denn, daß es, um dieses zu erreichen, einer Quecksilbersäule bedurfte, die vom Niveau im kurzen Schenkel an gemessen 29 engl. Zoll betrug. Wollte er die Luftmasse im kurzen Schenkel auf 4 Zoll verdichten, so mußte er im langen Schenkel eine Quecksilbersäule von $2 \cdot 29 = 58$ Zoll, bei einem Volumen von 3 Zoll einen Druck von $3 \cdot 29 = 87$ Zoll haben.

Boyle brachte seine Resultate in eine Tabelle, welche ergab:

12 Vol. beim Druck von 1 Atmosph.					
6	-	-	-	2	-
4	-	-	-	3	-
3	-	-	-	4	-

und zog daraus den Schluß:

daß sich die Luft nach dem Verhältniß der zusammendrückenden Kräfte verdichte.

Er veröffentlichte diese Resultate im J. 1661 in seiner: *Defensio de elatere et gravitate aeris adversus objectiones Francisci Lini*, ohne anfänglich weitere Schlüsse daraus zu ziehen; allein einer seiner Schüler Richard Townley machte die richtige Bemerkung, daß sich bei diesen Versuchen

das Luftvolumen umgekehrt verhalten habe wie der Druck,

und dieser war es, der also zuerst das sog. Mariotte'sche Gesetz aussprach.

Hierdurch veranlaßt nahm Boyle seine Versuche wieder vor, und modificirte sie einerseits dahin, daß er das Gesetz für noch größere Drucke als die früheren verfolgte, und andererseits, daß er es auch für geringere Drucke nachwies. Letzteres geschah dadurch, daß er ein offenes Glasrohr in Quecksilber tauchte, so weit, daß es etwa noch einen Zoll herausragte, dann verschloß er es oben, zog es bis zu verschiedenen Höhen heraus und beobachtete die korrespondirenden Größen des Volumens

und des Druckes. Immer fand er dabei das Gesetz $v : v' = p' : p$ bestätigt. ¹⁾

209. Eine andere wichtige Thatsache, die Boyle zuerst beobachtet, obwohl ihre Allgemeinheit noch nicht gehörig erkannt hat, ist der Einfluß des Luftdrucks auf das Sieden der Flüssigkeiten. Er brachte Wasser, welches er, um es von Luft zu befreien, lange hatte kochen lassen, als es noch warm war, unter den Recipienten der Luftpumpe. Als er nun die Luft verdünnte, sah er zu seiner Verwunderung das Wasser abermals in heftiges Sieden gerathen. ²⁾ Diese Thatsache scheint nicht recht bekannt geworden zu sein, denn noch 1675 u. 76 beschrieben sie Huyghens und Papin in den Philosoph. Transactions als eine neue. Papin hat sie übrigens schon zwei Jahre früher, d. h. 1674 in seinen *Expériences du vide* angegeben, aber Boyle bleibt doch die Priorität.

Bemerkenswerth in jenen Versuchen von Huyghens und Papin ist die Angabe, daß wenn man Wasser in einem Glasgefäß zum starken Sieden bringt, der Boden desselben dafsungeachtet nur lauwarm werde. Es ist dies eine Thatsache, die in manchen Gegenden dem Volke wohl bekannt ist, und sicher nicht aus jener Abhandlung von Huyghens und Papin, die aber von den Physikern vergessen worden ist, so daß sie erst vor einigen Jahren hat wieder durch Versuche konstatirt werden müssen, und dennoch von Einigen bezweifelt wird.

Boyle's anderweitige Versuche sind wie gesagt sehr zahlreich, man kann fast sagen unzählig; ich werde mich daher begnügen müssen nur die bemerkenswerthesten Leistungen aufzuführen. Dahin gehören:

1) Eine Verbesserung der Windbüchse.

2) Auffindung der Thatsache, daß das Eis verdunstet, was er fälschlich einer auflösenden Wirkung der Luft zuschrieb.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 450.

²⁾ Ibid. II, 179.

3) Mehrere Erfahrungen über das specif. Gewicht des Eises und die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, welche jedoch schon die Florentiner beobachtet hatten. Um ein künstliches Gefrieren zu bewirken, gebrauchte er Kältemischungen aus Schnee und Salmiak oder anderen Salzen, wobei er die Entdeckung machte, daß das Eis die Salze zum Schmelzen bringt, und nur bei diesem Schmelzen die Kälte erzeugt wird ¹⁾.

4) Versuche über die Elasticität des Wassers, aber mit keinem genügenderen Resultat als Baco, die Florentiner und Guericke erlangt.

5) Die Beobachtung, daß Metalle, wie flüssiges Blei, Luft absorbiren und dabei an Gewicht zunehmen; er war jedoch noch weit entfernt, daraus auf eine Oxydation zu schließen, sondern glaubte vielmehr die Gewichtszunahme der Metalle als einen Beweis von der Schwere des Feuers ansehen zu müssen.

6) Boyle gerieth auch auf den Einfall, den nach ihm noch mancher Physiker gehabt hat, das Licht wägen zu wollen; er versuchte nämlich, ob die Sonnenstrahlen einen Stoß auf eine empfindliche Wage hervorbringen würden, das Resultat war indeß, wie vorauszusehen, ein negatives.

7) Boyle unternahm auch einige Bestimmungen der Brechungsverhältnisse verschiedener Körper und fand dabei, was freilich vor ihm auch schon Andere gefunden, daß das Vermögen der Lichtbrechung bei verschiedenen Körpern nicht deren Dichte proportional gehe.

8) Ueber die Farben hat Boyle schon 1663 ein Werk geschrieben betitelt: *Experimenta et considerationes de coloribus*, worin hinsichtlich der eigenen Farben manche Ansicht ausgesprochen wird, die Newton drei Jahre später in seinem berühmten Werk über die Zerlegung des Lichts aufstellte. In jenem Werk beachtet Boyle auch die Farben der Seifenblasen sowie die Verschiedenheit der Farben,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 219.

welche Blattgold zeigt, je nachdem es das Licht zurückwirft oder durchläßt.

9) Ferner experimentirte Boyle schon im J. 1667 mit dem Leuchten des faulen Holzes, und beobachtete dabei, daß dieses Leuchten im Vakuum und in der Kälte abnimmt. Auch die Phosphoreszenz faulender Fische war Gegenstand seiner Untersuchung.

Von den Erfindungen oder Entdeckungen, die Boyle mit Unrecht zugeschrieben werden, muß ich hier noch nennen das Manometer. Boyle beschrieb es unter dem Namen *Statical Baroscop* in den Philosoph. Transact. für 1666 im Wesentlichen ganz in der Form, in welcher es O. v. Guericke 1661 in einem Briefe an Schott beschrieben hatte (§ 188). Doch muß man zugeben, daß das Boyle'sche Instrument subtiler war. Die Kugel an dem einen Arm der Wage war von dünnem Glase, nicht größer als eine Orange und nicht schwerer als 10 Gran, auch nicht evakuirt, wogegen Guericke eine Kupferkugel von einem Fuß in Durchmesser nahm und sie auspumpte, was überflüssig war. Sehr richtig bemerkte Boyle, daß das Steigen und Fallen dieses Instruments einen sehr augenfälligen Beweis von der Ursache der Veränderungen der Quecksilbersäule im Barometer gebe, da hier von keinem Horror vacui oder Funiculus die Rede sein könne.

Auch die Entdeckung des Phosphors durch Boyle ist, wenn er sie überhaupt gemacht hat, doch keineswegs zuerst von ihm gemacht. Schon bei Gelegenheit von Kunckel habe ich angeführt (§ 199), daß der Dr. Kraft aus Dresden Boyle Kunde gab von der Entdeckung des Phosphors. Kraft war in London, zeigte Boyle den Phosphor, und wie er später gegen Stahl versicherte, theilte er auch Boyle die Bereitungsart mit. Dagegen hat Boyle protestirt und behauptet, Kraft habe ihm keineswegs die Darstellungsweise des Phosphors mitgetheilt, sondern nur gesagt: derselbe würde aus etwas bereitet, was zum menschlichen Körper gehört.

Hiernach wäre Boyle also in demselben Fall gewesen wie Kunckel, er hätte den Phosphor zum zweiten Male entdecken müssen. Wo hier die Wahrheit liegt, ist wohl schwer mit Sicherheit zu entscheiden; moralische Gründe sprechen allerdings für Boyle, denn jener Dr. Kraft war keineswegs ein recht glaubwürdiger Mann. Boyle ließ, wie § 199 erzählt, durch einen deutschen Laboranten, Gottfr. Hankwitz in London, den Phosphor bereiten, bestimmte aber, daß die Vorschrift dazu erst nach seinem Tode bekannt gemacht werde, was 1692 in den Philos. Transact. geschehen ist. In demselben Jahr veröffentlichte auch Homberg die von Kunckel erhaltene Darstellungsweise in Paris.

210. An diese Nachrichten will ich noch die Bemerkung schließen, daß Boyle überhaupt in der Chemie ebenso thätig war wie in der Physik, und leicht möchte er unter den Chemikern seiner Zeit einen höheren Rang einnehmen, als unter den Physikern. Man zählt gegen 40 kleinere und größere Abhandlungen chemischen Inhalts von ihm, die für die Zeit viel Neues enthielten, aber jetzt freilich nur einen geschichtlichen Werth besitzen. Ohne hier zu versuchen, einen vollständigen Abriss der Arbeiten Boyle's oder des Zustandes der Chemie zu seiner Zeit zu geben, will ich ein Paar bemerkenswerthe Momente von beiden herausheben.

Im Allgemeinen hing man zu Boyle's Zeiten, also in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts noch der Lehre der Peripatetiker an, nach welcher Erde, Wasser, Luft und Feuer elementare Substanzen waren, aus denen die ganze Körperwelt bestand, obwohl schon der Araber Geber im VIII. Jahrhundert, der aufgeklärteste und kenntnißreichste Chemiker bis zum XVI. Jahrhundert, eine davon abweichende Theorie, welche Quecksilber und Schwefel wenigstens als Bestandtheile der Metalle ansah, aufgestellt hatte. Es gereicht wohl Boyle zur Ehre, daß er die Einfachheit jener vier griechischen Elemente bestritt und dafür die

Muthmaßung aussprach, daß die Zahl der einfachen oder unzerlegbaren Substanzen viel größer sei als vier.¹⁾

Er glaubte sogar die Zusammengesetztheit des Wassers erwiesen zu haben, indem er verschiedene Pflanzen lediglich in Wasser wachsen ließ und dabei fand, daß sie nach einigen Monaten bedeutend an Gewicht zugenommen hatten²⁾. Es ist dies ein Versuch, den vor ihm schon van Helmont und noch früher der Kardinal de Cusa angestellt hatten, und der auch späterhin, freilich nicht um die Konstitution des Wassers zu ermitteln, sondern um die Frage über die Herkunft des Kohlenstoffs in den Pflanzen zu beantworten, oftmals wiederholt worden ist. Boyle schloß, wie van Helmont, das Wasser müsse nothwendig erdige Bestandtheile enthalten, welche zu den festen Theilen der Pflanzen hergegeben wären. Diesen Schluß suchte Boyle dadurch zu verstärken, daß er Wasser destillirte und nicht einmal, sondern mit der eisernen Geduld, wie wir sie nur bei den Chemikern der früheren Zeit antreffen, 200 mal. Immer fand er dabei einen erdigen Rückstand, den er nun als Bestandtheil des Wassers ansah, der aber nur aus dem Destillationsgeschirr herrühren konnte. Dieser letzte Versuch, der später auch noch seine Liebhaber fand, ist übrigens fast gleichzeitig mit Boyle auch angestellt von

Olaus Borch, nach Andern Borrich, lat. Borrichius, einen Mann, der sich besonders um die frühere Geschichte der Chemie, durch seine *Dissertatio de ortu et progressu chemiae*, Hafn. 1668 verdient gemacht hat. Er war geb. 1626 zu Synder Borch, Stift Ripen in Jütland, studirte Medicin, und versah in Kopenhagen neben einer ausgedehnten ärztlichen Praxis die Professur der Chemie und Botanik. Er starb 1690. Jenen Versuch beschrieb er in *Hermetis Aegyptiorum et Chemicorum sapientia*, Hafn. 1674.

Wenn in der Chemie allemal derjenige der Entdecker einer Substanz genannt werden könnte, der sie zuerst unter

¹⁾ Höfer, Hist. II, 157.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 200.

Händen gehabt hat, so müßte man Boyle eine beträchtliche Zahl solcher Entdeckungen zuschreiben, denn in der That hat er bei seinen vielen chemischen Operationen manchen bemerkenswerthen Körper dargestellt, aber zu einem Erkennen der Natur dieses Körpers, was allein einen gegründeten Anspruch auf die Entdeckung desselben verleihen kann, war seine Zeit noch nicht reif. Merkwürdig bleibt aber doch, daß er Wasserstoffgas darstellte und aufging, und zwar bereitet aus Eisen und verdünnter Schwefelsäure; er scheint indeß nicht einmal die Brennbarkeit erkannt zu haben, sondern sah den Versuch nur als Beweis an, daß man Luft auf künstlichem Wege erzeugen könne¹⁾. Zu ähnlichem Zwecke entwickelte er schon 1664 Kohlensäure mittelst Essigsäure aus Austernschalen, wobei aber besondere Umstände obgewaltet haben müssen, da er diese als heilsam für das Athmen bezeichnet.

Bis zur Einführung der neuen chemischen Nomenclatur, die neben ihren vielen trefflichen Seiten doch den Nachtheil herbeiführte, daß sie die historischen Momente aus dem Gedächtniß vertilgte, war Boyle's Andenken in der Chemie auch durch den Liquor fumans Boylii (flüchtige Schwefelleber) erhalten. Boyle beschrieb denselben 1676, er war aber schon 1608 von dem französischen Arzt Beguin dargestellt, und führte daher mit mehr Recht den Namen Spiritus sulphurat. Beguini. Er besteht im Wesentlichen aus Schwefelammonium, und wird durch Destillation von Schwefel, Salmiak und gelöschtem Kalk erhalten.

Wie bei allen älteren Chemikern war die trockne Destillation eine Lieblingsoperation von Boyle, und indem er sie auf Holz anwandte, bekam er einen brennbaren Geist und eine Säure, die beide offenbar nichts anderes sind als unser Holzgeist und unser Holzzessig. Boyle ist ferner auch wohl der erste, der versuchte, den Weingeist durch Destillation über wassergierigen Substanzen zu entwässern, indem er ihn über calcinirtem Weinstein d. h. kohlenisaurem Kali

¹⁾ Höfer, Hist. II, 161.

oder über Aetzkalk rektificirte. Aus einer von ihm gegebenen Tafel von specifischen Gewichten, der vollständigsten zu seiner Zeit, die 32 Körper enthält, ersieht man, daß er den Weingeist bis zu einem specif. Gewicht = 0.866 brachte, also zwischen 78 und 79 Procent Alkohol.

211. Eine chemische Untersuchung Boyle's, die auch Interesse für den Physiker hat, ist die über die Salzigkeit des Meerwassers, ein Gegenstand, der mit manchen anderen aus der physikalischen Geographie die Aufmerksamkeit der Naturforscher im XVII. Jahrhundert zu beschäftigen anfang. Aristoteles hatte gelehrt, das Meer sei nur an seiner Oberfläche salzig und zwar durch Wirkung der Sonnenstrahlen, und diese Lehre wurde im XVI. Jahrhundert wiederum vorgetragen durch den zu seiner Zeit sehr berühmten Julius Caesar Scaliger, einen italienischen Arzt aus Padua, der 1558 im 75. Lebensjahre zu Agen in Frankreich starb. Derselbe hatte durch sein *Exotericarum exercitationum liber quintus decimus de subtilitate*, Paris. 1557, worin er Obiges behauptete, sich einen Ruf unter den damaligen Naturforschern erworben.

Boyle verschaffte sich nun Meerwasser, das aus verschiedener Tiefe geschöpft war, und fand, daß es ebenso viel Salz und dieselbe Dichtigkeit besaß, wie das von der Oberfläche. Freilich hatte unser Pater Kircher schon dasselbe gelehrt, oder vielmehr er war noch weiter gegangen, indem er in seinem *Mundus subterraneus* behauptete, die Salzigkeit des Meerwassers nähme zu mit der Tiefe wie mit der Annäherung an den Aequator. Allein dies war nicht das Resultat von Versuchen, sondern das Ergebnis einer Theorie, welche den Salzgehalt des Meerwassers von Salzlagern ableitete, die am Boden des Meeres vorhanden seien.

Diese Meinung entwickelt auch Varenius in seiner *Geographia generalis*, Amstelod. 1664, einem für die Zeit sehr ausgezeichneten Werk, das nach dem Tode seines Verfassers noch dadurch eine große Berühmtheit erlangte,

daß **Newton** es seinen Vorlesungen in Cambridge zum Grunde legte, und 1672 eine vermehrte Ausgabe in englischer Sprache herausgab, die später ins Lateinische und Französische übersetzt worden ist. — **Bernhard Varenius**, eigentlich **Varen**, war Arzt in Amsterdam und geb. zu Uelzen bei Lüneburg; er starb 1660.

Zu Boyle's Zeit, wo Reisen in transatlantische Regionen schon nicht mehr zu den Seltenheiten gehörten, beschäftigte man sich auch vielfach mit dem für die Schifffahrt so wichtigen Problem der Trinkbarmachung des Meerwassers. Es ist beachtenswerth, daß man damals ziemlich allgemein des Glaubens war, das Meerwasser habe seinen bitteren ekelhaften Geschmack nicht von Salzen, sondern von beigemischtem Erdharze oder Bergfett, und es könne deshalb nicht durch bloße Destillation trinkbar gemacht werden. In diesem Glauben machte man allerlei wunderliche Vorschläge. Der Franzose **Hauton** rieth im J. 1671 das Seewasser über kohlsaures Kali zu destilliren, und das war noch der vernünftigste Vorschlag. Aber **Lister** empfahl 1683 die Destillation über Seegras, und **Appleby** und **Watson** schlugen 1753 sogar die Destillation über Höllenstein, gebrannte Knochen und Aetzkali vor, sowie **Chapman** 1761 über Seife und Asche.

Alle diese Vorschläge und besonders die letzteren sind um so auffallender, als schon die Alten ganz gut wußten, daß eine bloße Destillation hinreichend sei, das Meerwasser süß und trinkbar zu machen. Nach **Alexander Aphrodisiensis** hatten Einige gerathen, Meerwasser in großen Kesseln zum Sieden zu bringen, und den Dampf in darüber gelegten Deckeln aufzufangen, so erhalte man süßes Wasser. Aus diesem Versuch erklärte schon **Aristoteles**, weshalb die vom Meerwasser aufsteigenden Dünste süß und nicht salzig seien. Er wußte auch, daß die Dämpfe von Wein und anderen Flüssigkeiten im Wesentlichen nichts anderes als Wasser geben. **Olympiodorus** erzählt, daß die Schiffer bei Mangel an Trinkwasser See-

wasser zu kochen pflegten, und in die Oeffnung des Gefäßes große Schwämme hängten, die dann ausgedrückt genießbares Wasser lieferten ¹⁾. Es war daher im Grunde nichts Neues, als Gantier, ein französischer Arzt zu Nantes, im J. 1717 die bloße Destillation zur Trinkbarmachung des Meerwassers anwandte, aber er hat das Verdienst den ersten eigens zum Gebrauch der Schiffer konstruirten Destillationsapparat angegeben zu haben.

Es ist auch auffallend, daß man erst zu Boyle's Zeiten die Entsalzung des Meerwassers durch das Gefrieren kennen lernte oder zur Sprache brachte. Kircher wußte bereits, daß das Meereis beim Aufthauen süßes Wasser liefere, aber wie er immer sogleich mit einer Erklärung bei der Hand war, so meinte er auch hier die Sache damit abzumachen, daß er sagte: in kalten Gegenden regnet und schneit es viel, das dadurch gebildete Wasser bleibt, weil es leichter als Meerwasser ist, obenauf schwimmen, und dieses ist es also, was bei starker Kälte gefriert und folglich süßes Eis liefert ²⁾. Nach ihm würde also das Meerwasser selbst nicht gefrieren!

Man findet angegeben, es sei Samuel Reyher, Professor zu Kiel, der erste, welcher über die Süßigkeit des Meereises geschrieben habe. Allein das geschah erst 1697 in den *Actis Eruditorum*; mehr als 30 Jahre vor ihm hat schon der berühmte dänische Anatom Thomas Bartholin die Thatsache hervorgehoben, daß Meereis süßes Wasser liefert in seiner Schrift: *De nivis usu medico observationes variae*, Hafn. 1661. Auch ist das Faktum im Kreise der Gewerbtreibenden offenbar viel länger bekannt gewesen, denn Boyle sagt in seinen *New experiments and observations touching cold*, Lond. 1665, daß die Brauer zu Amsterdam sich in Ermangelung von süßem Wasser des aufgethauten Meereises zum Brauen bedienten.

¹⁾ Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer II, 69.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 18.

Mariotte.

212. An Boyle's Leistungen schlossen sich in mancher Beziehung die von Mariotte an, welche auch ganz innerhalb der Lebzeiten des englischen Experimentators fallen. Edme Mariotte, geb. in Bourgogne, war ursprünglich Geistlicher, Prior von St. Martin sur Beaune bei Dijon, und wurde im J. 1666 kurz nach der Stiftung der pariser Akademie zu deren Mitglied ernannt, was er blieb bis zu seinem Tode im J. 1684.

Mariotte hat sich namentlich um die mechanische Physik mehrfach verdient gemacht, sowohl durch theoretische wie durch experimentelle Untersuchungen, die er auf eine geschickte Weise miteinander zu verknüpfen verstand; er war also Physiker im wahren Sinne des Worts. Am bekanntesten ist er durch das Gesetz, welches gegenwärtig und schon seit langer Zeit ganz allgemein nach ihm benannt wird. Dies ist freilich ein Unrecht gegen Boyle, da dieser dasselbe Gesetz geraume Zeit vor Mariotte aufgefunden hat; aber einerseits ist doch nicht bekannt, daß Mariotte etwas davon gewußt habe, und andererseits hat er es auch sogleich klar ausgesprochen, während Boyle die Ehre halbwegs mit Townley theilen mußte.

Mariotte erwies das Gesetz ganz auf dieselbe Weise wie Boyle, sowohl für größere als für kleinere Drucke als der atmosphärische, und beschrieb das Ganze in seinem *Essai sur la nature de l'air*, Paris 1676 sechszehn Jahre später als Boyle. Ueberdies hat Mariotte zuerst versucht eine nützliche Anwendung von dem Gesetz zu machen, indem er mittelst desselben die Relation zwischen dem Druck der Luft und ihrer Höhe von dem Erdboden auszumitteln, oder anders gesagt, das Barometer zum Höhenmessen anwendbar zu machen suchte. Man kann freilich Mariotte noch nicht als eigentlichen Begründer der Hypsometrie oder des barometrischen Höhenmessens nennen, aber den ersten Schritt dazu hat er doch unstreitig gethan.

Schon Pascal hatte den Gedanken, daß das Barometer wohl ein Werkzeug zum Höhenmessen werden könne, er

sah auch ein, daß dazu das Gesetz der Zusammendrückbarkeit der Luft gekannt sein müsse; aber weiter kam er nicht. Sein frühzeitiger Tod und noch mehr seine schon längere Zeit vorher eingetretene unglückliche Geistesrichtung hinderten ihn daran (§ 151). Späterhin machten die Mitglieder der Accademia del Cimento, der Franzose Pecquet (ein berühmter Anatom, aus Dieppe, gest. 1674) und der Schotte Sinclair (Professor zu Glasgow, gest. 1696) verschiedene Beobachtungen über das Fallen des Barometers bei Ersteigung von Bergen, allein alle diese Personen verfielen nicht darauf, das Gesetz, welches zwischen den Berghöhen und den Barometerständen besteht, auch nur empirisch aufzusuchen.

Dies war Mariotte vorbehalten. Nachdem er das nach ihm benannte Gesetz über die Zusammendrückbarkeit der Luft aufgefunden hatte, suchte er jenes über die Abnahme des Druckes mit der Höhe. Die Methode, welche er dabei anwandte, ist zwar nicht richtig, aber sie hat doch den ersten Schritt zur Lehre vom barometrischen Höhenmessen gethan, und noch jetzt ist jedem Anfänger zu rathen, den von Mariotte eingeschlagenen Weg zu verfolgen, um sich einen klaren Begriff von den Principien dieser Messungen zu verschaffen.

Zunächst ermittelte Mariotte durch Versuche, wieviel das Barometer falle, wenn man sich um ein Gewisses erhebt. Dazu bot ihm die neu errichtete Sternwarte von Paris eine vortreffliche Gelegenheit; sie ist ein hohes Gebäude und steht über alten Steinbrüchen, die es möglich machten, ihr einen Keller von 80 und einigen Fufs Tiefe zu verschaffen. In diesen Keller stieg Mariotte mit seinem Barometer hinab, beobachtete dessen Stand und erhob sich darauf 84 Fufs. Das Barometer war nun genau um $\frac{1}{3}$ Linien gefallen; als er weiter 84 Fufs in die Höhe gestiegen war, stand es abermals $\frac{1}{3}$ Lin. niedriger. Ein Fallen von $\frac{1}{3}$ Lin. auf 84 Fufs macht 1 Lin. auf 63 Fufs, wofür Mariotte rund 60 Fufs nahm, und demgemäß voraussetzte, daß nahe an der Erdoberfläche eine barometrische Diffe-

renz von $\frac{1}{12}$ Lin. einer Höhendifferenz von 5 par. Fuß entsprechen.

Die Barometerhöhe an der Erdoberfläche nahm er = 336''' und theilte dieselbe in $\frac{1}{12}$ ''; die ganze Barometerhöhe umfaßte also 4032 Zwölftellinien. Nun berechnete er die Höhe der einzelnen übereinanderliegenden Luftschichten, von denen jede mit jeder benachbarten eine barometrische Differenz von $\frac{1}{12}$ ''' hat, und zwar auf die Weise, daß er von der untersten 5' hohen Schicht ausgehend die Dicke der folgenden über dem Erdboden nacheinander aus dem von ihm gefundenen Gesetze herleitete, also

Schicht:	0	1	2		2016	2017
Höhe:	$\frac{4032}{4032}$ 5',	$\frac{4032}{4031}$ 5',	$\frac{4032}{4030}$ 5',	$\frac{4032}{2016}$ 5',	$\frac{4032}{2015}$ 5' u. s. w.

Um die Höhe zu finden, die einem gewissen Barometerstand, z. B. dem von 2015 entspricht, hätte er nun alle Glieder dieser Reihe bis zum vorletzten summiren müssen, d. h. die Höhen der 2016 darunter befindlichen Schichten; allein diese Rechnung war ihm zu mühsam. Er nahm daher an, daß die Reihe eine arithmetische von ebenso vielen Gliedern sei, also für den Barometerstand 2015 sei:

$$\frac{4032}{4031} 5 + \dots \frac{4032}{2016} 5 \text{ d. i. } 5 + \dots 10, \text{ deren Summe}$$

$$(5 + 10) 1008 = 15120 \text{ Fuß ist,}$$

was darauf zurückkommt, jede Luftschicht, die einer Barometerdifferenz von $\frac{1}{12}$ ''' entspricht, = $\frac{15120}{2016} = 7\frac{1}{2}$ Fuß dick zu setzen.

Dies Verfahren ist nun offenbar unrichtig, es giebt große Höhen zu klein; es ist aber nur in dieser Abkürzung unrichtig. Der Weg, den Mariotte anfangs einschlug, ist im Wesentlichen richtig, nur daß man statt der Differenz von $\frac{1}{12}$ ''' eine viel kleinere z. B. von 0'',01 nehmen müßte, auch auf die Abnahme der Temperatur Bedacht zu nehmen hätte; aber die Summirung der Glieder der Reihe ist allerdings höchst mühsam, und später von Deluc unternommen.

213. In dem Werk *Essai sur la nature de l'air* beschäftigt sich Mariotte auch mit dem Barometer als meteorologischem Werkzeug, namentlich mit dem Einfluß der Winde auf den Stand desselben. Daß Nord- und Ostwinde das Barometer zum Steigen, Süd- und Westwinde zum Sinken bringen, war schon, wie angeführt, vor Mariotte beobachtet. Dieser suchte das Phänomen zu erklären. Er nahm an, die Nord- und Ostwinde als die kalten bliesen von oben herab und brächten dadurch das Barometer zum Steigen; die Süd- und Westwinde dagegen veranlaßten das Sinken des Barometers, weil sie in Richtung der Tangente der Erdoberfläche wehend die obere Luft erheben, und dadurch die Elasticität derselben vermindern ¹⁾).

Mariotte gehört auch zu Denen, welche das Phänomen der Drehung des Windes beobachteten, nämlich daß der Wind in unsern Gegenden meistens seine Richtung von Nord durch Ost, Süd nach Westen, also im Sinne des scheinbaren Tageslaufs der Sonne ändert. Dasselbe Phänomen ist auch, vielleicht gleichzeitig, von unserm Landsmann Sturm in der *Physica electiva*, Altorf 1697, früher schon von Lord Baco in der *Hist. nat. et experimentalis*, Lugd. 1638 angegeben, und noch viel früher von Aristoteles ²⁾ und Plinius ³⁾).

Mariotte befaßte sich überhaupt viel mit der Theorie, und suchte u. A. den Passatwind zu erklären, wobei er aber nicht glücklich war; er glaubte die Luft könne der schnellen Drehung der Erde von West nach Ost nicht folgen, sie bliebe zurück und erzeuge so einen scheinbaren Ostwind ⁴⁾).

214. Ein anderer Zweig der Physik, den Mariotte mit Glück kultivirte, war die Hydrostatik und Hydrodynamik, wozu ihm die prachtvollen Wasserkünste zu Versailles und

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 429, 430.

²⁾ Meteorol. lib. II, cap. 6.

³⁾ Hist. nat. lib. II, cap. 48.

⁴⁾ Fischer, ibid. II, 475.

Chantilly Veranlassung und Gelegenheit gaben ¹⁾. Er schrieb darüber ein Werk: *Traité du mouvement des eaux et des autres fluides*, welches nach seinem Tode 1686 veröffentlicht wurde.

In diesem Werke bestätigte er durch eine zahlreiche Reihe von Versuchen die von Torricelli aufgefundenen Gesetze des Ausflusses der Flüssigkeiten aus Röhren. Er beobachtete dabei zuerst die Reibung der Flüssigkeiten in Röhren, selbst in den glattesten Glasröhren, und leitete von dieser Reibung die Widersprüche ab, die sich zwischen der Theorie und der Erfahrung darbieten, namentlich auch die Erscheinung, daß die Springhöhe bei Fontainen immer unter der Fallhöhe bleibe ²⁾. Doch beobachtete er noch nicht die Vena contracta oder die Zusammenziehung des Wasserstrahles, wenn derselbe aus einer Oeffnung in dünner Wand hervorschießt.

Beiläufig will ich hier erwähnen, daß etwa um dieselbe Zeit die Torricelli'schen Gesetze auch in Italien einer umfassenden Prüfung unterworfen wurden, und zwar durch Domenico Guglielmini, geb. 1655 zu Bologna und gest. 1710 zu Padua. Er studierte Mathematik, Astronomie und Medicin mit solchem Erfolge, daß man ihn wegen seiner Kenntnisse in den beiden ersten Wissenschaften schon in seinem dreißigsten Jahre zum Ober-Intendanten der bolognesischen Flüsse erwählte, und bald darauf eine eigens für ihn kreirte Professur der Hydrometrie an der Universität zu Bologna bekleiden ließ. Sein Ansehn als Wasserbaumeister war so groß, daß er successive von den Regierungen fast aller norditalienischen Staaten konsultirt wurde, wenn es sich darum handelte irgend ein schwieriges Unternehmen in der Rektifikation von Flüssen, Anlegung von Kanälen, Austrocknung von Sümpfen u. s. w. zu beginnen.

Das Werk, welches ihm vorzüglich Ruhm verschafft oder erhalten hat, führt den Titel: *Trattato fisico-matematico*

¹⁾ Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 411.

²⁾ Fischer, ibid. II, 407, 410.

della natura dei fiumi, wovon der erste Theil 1697 zu Bologna erschien, der zweite nach seinem Tode 1712. Das Ganze wurde später in die Sammlung hydraulischer Schriften aufgenommen, welche 1766 in Parma erschien. Die Nord-Italiener haben wegen ihres vielfach von Kanälen und Flüssen durchschnittenen Landes den Untersuchungen über den Lauf der Gewässer eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und alle dahin gehörigen hydraulischen Werke in zwei große Sammlungen vereinigt.

1) *Raccolta di autori, che trattano del moto dell' acque*, Firenze 1723, 3 Vol. enthält die Werke von Archimedes, Albici, Galilei, Castelli, Michelini, Borelli, Montanari, Viviani, Cassini, Guglielmini, Grandi, Manfredi, Picard, Narducci.

2) *Nuova Raccolta di autori, che trattano del moto dell' acque*, Parma 1766, 7 Vol., enthält die seitdem erschienenen Werke u. A. von Guglielmini und Poleni.

Um wieder auf Mariotte zurückzukommen, so hat er in seinem *Traité du mouvement des eaux* etc. auch noch eine sinnreiche Vorrichtung beschrieben, die später unter dem Namen Mariotte'sche Flasche allgemein bekannt geworden ist, und welche er ersann, um das Dasein des Luftdrucks zu erweisen. Sie ist später auch unter die chemischen Geräthschaften aufgenommen worden, um Flüssigkeiten unter einem konstanten Druck ausfließen zu lassen, und somit ein auch jetzt noch sehr verbreiteter und seiner Wirkungsweise nach wohl bekannter Apparat.

215. Auch die Mechanik der festen Körper ist Gegenstand der Forschungen Mariotte's gewesen. Sein Andenken ist hier durch eine von ihm ersonnene Vorrichtung erhalten, die früher, als man sich für diesen Zweig der Physik noch lebhafter interessirte als jetzt, eine gewisse Berühmtheit erlangte. Es ist die Perkussions- oder Stofsmaschine, die man noch jetzt in allen vollständigeren physikalischen Kabinetten antrifft, und die aus einer Reihe nebeneinander hängender sich berührender Elfenbeinkugeln besteht, deren Mittelpunkte in einer graden horizontalen Linie liegen. Die Vorrichtung ist später

von s'Gravesande und Nollet verbessert worden, und namentlich die von dem Letzteren gegebene Einrichtung in Deutschland sehr in Gebrauch gekommen.

Mariotte ersann diese Maschine um die von Wallis, Wren und Huyghens theoretisch aufgefundenen Gesetze des Stoßes experimentell nachzuweisen. Er beschrieb sie in seinem *Traité de la percussion ou choc des corps*, Paris 1677, worin auch die Fallversuche angegeben sind, welche er 1670 in der pariser Sternwarte bei 166½ Fuß Fallhöhe mit Bleikugeln machte, um den Widerstand der Luft zu ermitteln ¹⁾.

Hierher gehört ferner eine Untersuchung Mariotte's über die Festigkeit der starren Körper, nämlich über die relative Festigkeit oder die Kraft, die zum Zerbrechen derselben erforderlich ist. Mariotte vervollkommnete die von Galilei angefangene Untersuchung, insofern er dabei auf die Ausdehnung der Fasern vor dem Zerbrechen Rücksicht nahm. Er setzte die Ausdehnung der Fasern den ausdehnenden Kräften proportional und kam so zu einer Regel, die sich auch bei nicht absolut harten Körpern mehr der Wahrheit näherte als die Galilei'sche.

216. Es ist nicht allein der mechanische Theil der Physik, welchen Mariotte mit Entdeckungen bereichert hat, er verdient ebenso mit Ehren in der Geschichte der Optik und Wärmelehre genannt zu werden. Was die Optik betrifft, so ist zuvörderst sein *Essai sur la nature des couleurs* zu nennen, von dem die erste Auflage 1681 zu Paris erschienen ist. In diesem Werk befaßte er sich u. A. mit der Theorie der Höfe und Ringe, die man bei dunstigem Himmel um Sonne und Mond erblickt.

Die Höfe, die bekanntlich aus Farbenringen von 7 bis 12½⁰ Durchmesser um den leuchtenden Körper bestehen, suchte Mariotte durch eine zweimalige Brechung der Lichtstrahlen in den Dunstkügelchen zu erklären. Diese An-

¹⁾ Benzenberg, Versuche üb. d. Gesetze d. Falles, d. Widerstand d. Luft u. s. w. Hamb. 1804, p. 106.

sicht hat sich später als unrichtig erwiesen, was schon daraus erhellt, daß nach ihr der innere Saum der Ringe roth sein mußte, während er in Wirklichkeit blau ist. Dagegen hat Mariotte für die größeren Höfe oder für die Ringe von 23° Durchmesser im Wesentlichen die Theorie aufgestellt, die wir jetzt für richtig halten. Er erklärt sie nämlich durch Eisnadeln von regulärer dreiseitiger Prismenform, die in der Luft schweben, und in denen das Licht zwei Refraktionen und eine Reflexion erleidet, ganz analog wie es Descartes für den Regenbogen in den Wassertropfen annimmt. Er verfährt auch ganz ähnlich wie Descartes, indem er zeigt, daß sich der Einfallswinkel um 23° ändern kann, ohne daß sich die Richtung des ausfahrenden Strahles um mehr als $2\frac{1}{2}^\circ$ ändert ¹⁾.

Mariotte's Theorie stimmt im Ganzen gut mit der Erfahrung namentlich darin, daß der innere Saum von rother Farbe und scharf begränzt ist. Die erste Idee, daß diese größeren Höfe oder Ringe durch Eisnadeln veranlaßt sein könnten, sprach übrigens Descartes aus, der jedoch Eissternchen (*stellulae ex glacie pellucidae compositae*) meinte, und durch sie ward auch Huyghens veranlaßt sich mit dem Gegenstand zu befassen ²⁾.

In dem *Essai sur les couleurs* handelt Mariotte zuletzt auch noch von den physiologischen oder zufälligen Farben, deren Beachtung man in der Regel von dem berühmten Buffon datirt, und die auch von diesem genauer untersucht worden sind, aber offenbar später als von Mariotte. Dieser hatte übrigens Kenntniß von Newton's Theorie der Farben, und trat theilweise als Gegner derselben auf, worüber in der Folge mehr.

Ein größeres Interesse als der *Essai sur les couleurs* erregte bei den Zeitgenossen eine andere Arbeit optischen Inhalts, die Mariotte schon im J. 1666 der pariser Akademie vorlegte unter dem Titel: *Observations sur l'organ*

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik II, 283.

²⁾ Ibid. II, 279.

de la vision, und auch 1668 der londoner Gesellschaft mitgetheilt wurde ¹⁾).

Mariotte hatte bei anatomischen Untersuchungen von Menschen- und Thieraugen wahrgenommen, daß der Sehnerv nicht grade der Pupille gegenüber in das Auge eintritt, sondern etwas höher nach der Nase hin. Dies brachte ihn auf die Frage, was sich wohl ereignen würde, wenn er das Bild eines Gegenstandes grade auf diese Stelle fallen liesse. Er befestigte daher auf einer dunklen Wand ein rundes Papierstückchen, und rechter Hand zwei Fuß davon etwas niedriger ein zweites solches Papierstück. Er verschloß nun das linke Auge, heftete das rechte auf das erste Papierstück und suchte durch Nähern und Entfernen von der Wand es dahin zu bringen, daß das Bild vom zweiten Papierstück auf den optischen Nerv fiel. Zu seiner Verwunderung sah er dann das zweite Papierstück verschwinden ²⁾).

Dieser Versuch erregte viel Aufmerksamkeit, und wurde schon 1668 in der londoner Gesellschaft in Gegenwart des Königs wiederholt. Der Versuch, das sogenannte Punctum coecum zu erweisen, ist sehr einfach, und das Interesse wurde dadurch noch mehr auf denselben gerichtet, da Mariotte eine Theorie über den eigentlichen Sitz des Sehens daran knüpfte. Er behauptete nämlich, es sei nicht die Netzhaut, sondern die darunter liegende Aderhaut, in welcher die Lichtwahrnehmung stattfände, in jener könne dies nicht geschehen, da sie durchsichtig sei, die Lichtstrahlen also durchlasse. Das gab denn zu einer ganzen Reihe von Verhandlungen Anlaß, worin die Namen der angesehensten Physiker und Anatomen jener und späterer Zeiten wie Perquet, Perrault, de la Hire, Locat, Michell, Porterfield, Haller, Morgagni u. A. auftreten, ohne daß man sagen kann, der Streit sei dadurch zu Gunsten einer der aufgestellten Ansicht mit Bestimmtheit entschieden.

¹⁾ Mém. de l'Acad. 1666, T. I, p. 68; Phil. Transact. 1668, p. 658.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 141.

217. Eine ebenso wichtige Beobachtung wie die über das Sehen hat Mariotte über die strahlende Wärme gemacht, obwohl man zugeben muß, daß er selber die ganze Wichtigkeit derselben nicht eingesehen hat. Er beobachtete nämlich zuerst, daß während die Wärme der Sonnenstrahlen ein Glas so gut wie ungeschwächt durchdringt, die Wärme von einem gewöhnlichen Feuer dadurch fast ganz zurückgehalten wird. Er konzentrierte nämlich die Wärmestrahlen eines Kaminfeuers durch einen Brennspiegel, und sie bewirkten jetzt auf der Hand eine kaum erträgliche Hitze; sobald er aber eine Glasplatte vorschob, war die Empfindung fast vollkommen verschwunden, obwohl das Licht dieser Kaminstrahlen keine sichtbare Schwächung erlitten hatte. Diesen Versuch, dessen Wichtigkeit erst in neuerer Zeit durch Melloni nachgewiesen ist, hat Mariotte in seinem *Traité de la nature des couleurs* beschrieben.¹⁾

In einer anderen Abhandlung zeigte Mariotte, daß man aus Eis einen Brennspiegel verfertigen könne, sagt aber dabei, daß schon andere Personen, welche er jedoch nicht nennt, dasselbe versucht hätten. Mittelst eines solchen Eisspiegels brachte er Schießpulver zum Verpuffen.²⁾

Endlich muß ich noch erwähnen, daß Mariotte nicht allein bei den Winden, sondern auch bei den Quellen seinen Namen in der physikalischen Geographie zu erhalten gewußt hat, nämlich bei der Frage, woher die Quellen ihr Wasser nehmen? — Nach Beobachtungen, die schon damals in Dijon angestellt waren, setzte er die im Jahre fallende Regenmenge auf 15 Zoll Höhe; dann schätzte er das Flußgebiet der Seine auf 3000 französische Quadratmeilen (*lieues*) und die jährlich durch Paris fließende Wassermenge der Seine auf 105,120 Millionen Kubikfuß. Daraus berechnete er, daß die Seine zu Paris noch nicht den 6. Theil des atmosphärischen Niederschlags fortführe,

¹⁾ Poggendorff Ann. XXXV, 112.

²⁾ Oeuvres de Mariotte II, 607.

der im Lauf des Jahres auf dieses Gebiet herabfalle, die übrigen $\frac{1}{2}$ also hinreichend seien sämtliche hier vorhandene Quellen zu speisen.¹⁾ Er erörterte hierbei auch das scheinbar geringe Eindringen des Regenwassers in den Boden, was seinen Kollegen Perrault und de la Hire noch zu lebhaften Einwürfen Anlaß gab (§ 305).

Aus allem hier Dargelegten erhellt, daß Mariotte ungeachtet einer verhältnißmäßig kurzen Thätigkeit in mannichfacher Richtung mit gutem Erfolge gewirkt hat. Seine wichtigeren Arbeiten sind enthalten in *Oeuvres de Mariotte*, 2 Vol. 4^o, Leyden 1717.

218. Wenn man den Faden der von den florentiner Physikern, von Guericke, Boyle, Papin und Mariotte eröffneten Untersuchungen in seinem geschichtlichen Verlaufe weiter verfolgt, so wird man zunächst auf ein anderes Mitglied der pariser Akademie geführt, welches in dieser Beziehung für das XVII. Jahrhundert den Schlufsstein bildet, auf Amontons.

Guillaume Amontons, Sohn eines Advokaten in der Normandie, ist 1663 geboren, nach Einigen in Paris, nach Andern in der Normandie, aber schon in früher Jugend nach Paris geführt, wohin seine Familie übersiedelte und wo er 1705 im 42. Lebensjahre starb. Während er noch die Schule besuchte, verlor er sein Gehör, aber statt dadurch vom Studium abgehalten zu werden, wurde sein Eifer nur noch mehr gesteigert, besonders für Mathematik und Mechanik. Gleich jenem alten Philosophen, der sich blendete, um nicht durch den Anblick äußerer Gegenstände in seinen Spekulationen gestört zu werden, soll Amontons jede ärztliche Hülfe zur Heilung seines Uebels abgewiesen haben, aus Furcht, er möchte bei Wiedererlangung seines Gehörs durch das Geräusch der Welt zu sehr von seinen Studien abgezogen werden.

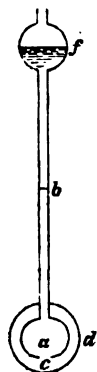
Neben den rein mathematischen Wissenschaften beschäftigte sich Amontons mit Architektur und Feldmessen,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 581.

wodurch er später eine Anstellung im Staatsdienst erhielt. Eine seiner ersten Forschungen betraf die Darstellung eines Perpetuum mobile, und obwohl er bald die Schwierigkeiten dieses Problems einsah, so konnte er sich doch nicht von der Unmöglichkeit der Lösung desselben überzeugen, was damals freilich noch verzeihlich war.

Im J. 1687 machte er sich zuerst der pariser Akademie bekannt durch Ueberreichung eines Hygrometers (Hygroskops), welches 1688 von Regis im Journal des savants beschrieben wurde. Dasselbe besteht aus einer etwa 34 Zoll langen Glasröhre, welche oben in ein Gefäß *f* und unten in eine Kugel *a*, Fig. 19, endigt; letztere

Fig. 19.



hat bei *c* eine kleine Oeffnung und ist von einer anderen Kugel *d* aus Horn, Tannenholz oder am besten aus Hammelfell umgeben. Die Kugel *d* ist ganz, die Glaskugel *a* halb mit Quecksilber gefüllt, darüber befindet sich bis *b* in der Röhre Spiritus und zwischen *b* und *f* Oel, welches in dem oberen Gefäß ein möglichst konstantes Niveau und gleichmäßigen Druck herstellen soll, auch nicht verdunstet. Der Gebrauch des Instruments gründet sich darauf, daß bei zunehmender Feuchtigkeit der Luft die Lederkugel sich ausdehnt, die Flüssigkeiten in der Röhre daher sinken, was an der Gränzschrift zwischen Oel und Spiritus leicht ersichtlich ist, und durch eine Skala an dieser Stelle gemessen werden kann; in trockner Luft dagegen vermindert sich der Rauminhalt von *d*, und die flüssige Säule in der Röhre steigt.¹⁾

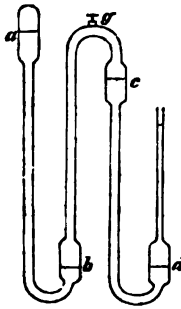
Eine fernere Frucht seines Studiums war ein kleines Werk, welches er 1695 zu Paris herausgab unter dem Titel: *Remarques et expériences physiques sur la construction d'une nouvelle clepsydre, sur les baromètres, thermomètres et hygromètres*. Vermuthlich war es dieses Werk, dem er im J. 1699 seine Aufnahme in die pariser Akademie zu

¹⁾ Fischer, *ibid.* III, 344.

danken hatte, der er nun bis zu seinem leider schon 6 Jahre darauf erfolgten Tod als Mitglied angehörte.

219. Wie so häufig der erste Gegenstand, auf welchen ein Naturforscher aus irgend einem Umstand verfällt, die Richtung seiner Untersuchungen für die ganze übrige Lebenszeit bedingt, so sehen wir auch Amontons, der mit dem Hygrometer debütierte, sich späterhin vorwaltend mit Vervollkommnung der meteorologischen Instrumente beschäftigen. Namentlich ist es das Barometer, an dem er mehrfache Proben seines Scharfsinns abgelegt hat, wengleich daraus keine praktischen Resultate hervorgegangen sind. So ersann er um die Unbequemlichkeiten zu heben, die aus der großen Länge des Barometers entspringen, im J. 1688 das abgekürzte Barometer. Dasselbe Fig. 20 hat mehrere mit einander verbundene auf- und abgehende

Fig. 20.



Röhren, von denen *ab* mit Quecksilber, *bc* mit Luft oder einer anderen Flüssigkeit, *cd* wieder mit Quecksilber gefüllt ist u. s. w. Zwei Quecksilbersäulen bringen die Länge des Barometers auf die Hälfte, vier auf $\frac{1}{4}$ von 28 Zoll herab, und die zwischen denselben befindlichen Luftsäulen übertragen den Druck der vorangehenden Quecksilbersäulen auf die nachfolgenden, so daß schließlich auf *d* die Summe aller Säulen von unten herauf drückt. Es werden hier aber die

Änderungen des Drucks desto kleiner ausfallen, je größer die Anzahl der Quecksilbersäulen ist; deshalb brachte Amontons noch über *d* eine enge, mit einer leichten Flüssigkeit gefüllten Röhre an, in welcher die Druckänderungen vergrößert auftraten. Durch die verschließbare Röhre *g* findet die Füllung des Instrumentes statt. — Die ganze Einrichtung ist zwar sinnreich, aber schwierig in der Ausführung und erheblichen Fehlern bei der Beobachtung ausgesetzt.¹⁾

¹⁾ Fischer, *ibid.* II, 423.

Noch sinnreicher ist das konische Barometer, welches Amontons ebenfalls in seinen Remarques von 1695 beschrieb. Dasselbe besteht einfach aus einer graden Röhre, die sich konisch nach oben verengt, und deren Länge von dem Winkel des Axenschnitts dieses Kegels abhängig ist. Am oberen Ende ist sie zugeschmolzen, am unteren und weiteren Ende offen, und so eng, daß das Quecksilber nicht auslaufen kann, da es hier allein von der Luft getragen wird. Wenn nun der Luftdruck 28 Zoll beträgt, so wird das Quecksilber in dem konischen Barometer eine solche Stellung einnehmen, daß es dem Druck der Luft das Gleichgewicht hält; bei weiterer Abnahme des Luftdrucks wird es unter diese Stellung sinken, bei Zunahme über sie hinaussteigen, wonach die Skale anzulegen ist. — Leider ist die gut erdachte Einrichtung nicht ohne bedenkliche Fehler.

In diesen beiden Instrumenten hat Amontons keine Vorgänger; dagegen hat er noch ein Doppelbarometer und ein Meerbarometer beschrieben, zu denen bereits früher Hooke die Idee angegeben hatte. Ein bleibenderes Verdienst als durch Erfindung aller dieser Instrumente hat sich Amontons dadurch erworben, daß er zuerst den Einfluß der Wärme auf das Barometer erkannte und die Nothwendigkeit einsah, den Barometerstand wegen der Temperatur zu berichtigen.

Er versuchte auch die Ausdehnung des Quecksilbers zu bestimmen, und kam zu dem Resultat, daß sie von der größten Winterkälte in Paris bis zur größten Sommerwärme daselbst, also etwa zwischen -14° R. bis $+22^{\circ}$ R. $= \frac{1}{115}$ des Volumens betrage.¹⁾ Das war freilich noch eine sehr rohe Bestimmung, besonders wegen der unsicheren Temperaturangabe, aber für die Zeit doch recht schätzbar, und jedenfalls beschämte Amontons manchen späteren Physiker, der den Einfluß der Wärme läugnete, wie u. A. noch im J. 1738 der Engländer Beighton²⁾ das Auskochen

¹⁾ Fischer, *ibid.* II, 427; *Mém. de l'Acad. de Paris*, 1704.

²⁾ Fischer, *ibid.* IV, 173.

des Barometers als ein Mittel angab, dasselbe für den Einfluß der Wärme unempfindlich zu machen.

Uebrigens ward zu Amontons' Zeiten die Nothwendigkeit des Auskochens der Barometer noch nicht eingesehn, man hatte nur unausgekochte Barometer, und daher kam denn freilich die Korrektion von Amontons wegen der Temperatur noch zu früh. Wie wenig man damals die Nothwendigkeit des Auskochens der Barometer einsah, und wie schwer man die aus der Unterlassung desselben entspringenden Erscheinungen zu erklären vermochte, davon giebt die Geschichte mit dem Barometer des Kanzlers Pontchartrain einen schlagenden Beweis ¹⁾. Dies Barometer stand 18—19 Linien tiefer als alle übrigen Barometer in Paris, und kein Physiker daselbst wußte den Grund davon anzugeben. Die Sache kam an die Akademie und wurde Amontons übergeben; aber dieser kam damit nicht zu Stande, sondern starb darüber weg ohne eine andere wie die sehr unglaubliche Hypothese geben zu können, daß das Glas der Röhre dieses Barometers porös sein müsse. Erst ein Jahr darauf 1706 klärte sich die Sache auf, indem Homberg anzeigte, daß er die Röhre vor dem Füllen mit Quecksilber mit Weingeist ausgespült habe, und etwas von letzterem in der Röhre zurückgeblieben sein möchte, dessen Dampf in den torricellischen Raum gestiegen sei, und die Quecksilbersäule herabgedrückt habe. Trotz dieses auffälligen Vorganges verfiel man doch nicht darauf die Barometer auszukochen, sondern ließ auf diese so wesentliche Vervollkommnung des Instruments noch über 30 Jahre verfließen.

Auskochen des Barometers.

220. Da ich eben vom Auskochen des Barometers sprach, so kann ich nicht der Versuchung widerstehen hier kurz die Geschichte dieser Operation mitzutheilen, obwohl

¹⁾ Fischer, ibid. II, 425.

sie über die Periode hinausreicht, die wir gegenwärtig betrachten. Sie bildet eine merkwürdige Episode in der Geschichte des Barometers überhaupt, da sie sich nahe an 90 Jahre fortspinnst, und ihren Ursprung allerdings schon in der Zeit nimmt, mit welcher wir uns jetzt beschäftigen, nämlich im letzten Drittel des XVII. Jahrhunderts.

Es war im J. 1675, da Picard zufällig die Beobachtung machte, daß sein Barometer, wenn er es im Dunkeln in eine schaukelnde Bewegung versetzte, in der torricellischen Leere ein blitzendes Leuchten zeigte ¹⁾. Auch Cassini hatte ein Barometer, das im Dunkeln leuchtete, da aber andere und die meisten Barometer dieses Phänomen nicht zeigten, so betrachtete man es als eine bloße Kuriosität, nannte es merkurialischen Phosphor und beachtete es nicht weiter. Erst 1700 untersuchte der berühmte Mathematiker Joh. Bernoulli den Gegenstand näher, und glaubte ein Mittel entdeckt zu haben leuchtende Barometer zu verfertigen. Er theilte diese Entdeckung der pariser Akademie mit, allein es wollte in Paris nicht gelingen leuchtende Barometer nach seiner Vorschrift darzustellen. Das bewog ihn 1701 eine zweite Abhandlung darüber zu schreiben, und als diese auch nicht gehörig Beachtung fand, schrieb er 1719 noch eine dritte und ausführlichere. In dieser setzt Bernoulli nun weitläufig auseinander, unter welchen Umständen ein Barometer phosphorescire, wovon dies bedingt werde, und wie man das Leuchten hervorbringen könne.

Zur Darstellung leuchtender Barometer gab er drei verschiedene Vorschriften, die aber alle nicht das Rechte trafen, dagegen rief seine Abhandlung eine ganze Fluth von Schriften über das räthselhafte Phänomen hervor. So schrieben darüber 1706 der berühmte holländische Physiker Musschenbroek und der französische Arzt Dutal; 1708 der Engländer Hawksbee; 1710 der Holländer Hartsoeker, welcher Bernoulli sehr angriff und dafür von diesem

¹⁾ Fischer, *ibid.* III, 429.

ebenso derb zurecht gewiesen wurde; 1715 der Prof. der Mathematik J. F. Weidler zu Wittenberg; 1716 J. G. Liebknecht, Prof. der Mathematik zu Giessen und Michael Heusinger ebendasselbst; 1717 der französische Physiker Mairan.

Alle diese Arbeiten trugen aber nichts zur Aufhellung der Sache bei, weder in Betreff der Hervorbringung des Phänomens, noch was seine Ursache anlangt. Die Meisten glaubten es erklärt zu haben, wenn sie es mercurialischen Phosphor nannten, und Mairan, dessen Abhandlung von der Akademie zu Bordeaux gekrönt wurde, glaubte sogar, es käme vom Schwefel im Quecksilber. So blieb die Sache bis zum J. 1723. Da veröffentlichte Dufay, ein Mitglied der pariser Akademie, der sich um die Elektrizitätslehre verdient gemacht hat, eine Abhandlung in den Mém. de l'Acad. de Paris, worin er angab, daß er von einem deutschen Glasbläser die Kunst gelernt habe mit Sicherheit leuchtende Barometer zu machen. Die Kunst bestand darin das Barometer auszukochen, und zwar unvollkommen, denn es wurde vorgeschrieben erst $\frac{1}{3}$ der Röhre mit Quecksilber zu füllen und auszukochen, dann das zweite Drittel ebenso zu behandeln, und dann das letzte Drittel bloß zu füllen ohne zu kochen. Dufay gab eigens an, daß wenn man das Barometerrohr stark erhitze, darauf mit kochendem Quecksilber fülle, und dann noch durch Umrühren mit einem eisernen Draht alle Luft entferne, das Barometer durchaus nicht im Dunkeln leuchte ¹⁾).

Auch Dufay verfiel noch nicht darauf das besagte Leuchten für ein elektrisches Phänomen zu halten, obwohl er die von Heusinger aufgestellte Meinung verwarf, daß die Witterung einen Einfluß darauf habe. Nach ihm rührte die Erscheinung von Feuertheilchen her, welche das Quecksilber beim Kochen aufnähme, und später langsam entweichen ließe! So blieb die Sache wiederum 17 Jahre liegen. Man kochte hin und wieder die Baro-

¹⁾ Fischer, ibid. III, 437.

meter, aber nur um das Leuchten derselben zu studiren oder sich daran zu vergnügen.

Im J. 1740 bereiteten sich **Cassini** und **Le Monnier** zu einer Reise in die Pyrenäen vor; sie wolten zur Reserve ihrer Barometer Röhren mitnehmen, welche mit Quecksilber gefüllt waren, und kamen auf den Einfall diese auskochen zu lassen, zugleich um zu sehen, ob dieselben im Dunkeln leuchtend würden, wie es **Dufay** beobachtet hatte¹⁾. Sie fanden dies bestätigt und machten dabei die für sie neue Beobachtung, daß die ausgekochten Barometer nicht nur höher standen als die unausgekochten, sondern auch sämtlich eine gleiche Höhe der Quecksilbersäule besaßen, also unter sich übereinstimmten, was bis dahin bei unausgekochten Barometern noch nicht hatte gelingen wollen. Von nun an wurden die Barometer ausgekocht um sie übereinstimmend zu machen, aber was die Ursache dieser Uebereinstimmung sei, das wußten weder **Cassini** und **Le Monnier** noch irgend ein anderer Physiker ihrer Zeit anzugeben.

Erst dem genfer Physiker **Deluc** war es vorbehalten, die so einfache Ursache dieser Uebereinstimmung und die Nothwendigkeit des Auskochens zu einem guten Barometer einzusehen, und dies legte er dar in seinen *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*, welche er 1762 der pariser Akademie zur Prüfung übergab, aber erst 1772 in Genf drucken ließ²⁾.

Verbesserung der Thermometer.

221. Die im Vorstehenden zur Geschichte der Barometer beigebrachten Nachrichten knüpfen an die Leistungen **Amontons'** auf diesem Gebiete an; derselbe spielt aber auch in der Geschichte des Thermometers eine ehrenhafte Rolle. Unter Anderm machte er im J. 1702 die Beobachtung, daß die Temperatur des siedenden Wassers eine

¹⁾ Fischer, *ibid.* IV, 172.

²⁾ *Ibid.* IV, 176.

konstante sei, und er legte mit Recht auf diese Wahrnehmung viel Gewicht, auch mußte man sie ihm als eine bedeutende Entdeckung anrechnen, wenn man ihm die Priorität darin könnte zuerkennen. Das kann nun aber freilich nicht geschehen, da **Amontons** ganz bestimmt, wenigstens einen Vorgänger hierin gehabt hat, obgleich er von demselben wohl nichts gewußt hat.

Es war dies der schon früher erwähnte **Renaldini** (§ 171), welcher bereits 1694 in seiner *Philosophia naturalis* sowohl den Siedepunkt des Wassers als den Schmelzpunkt des Eises als feste Temperaturen bezeichnete, und zur Konstruktion der Thermometerskala vorschlug. Auch soll **Robert Hooke** bereits 1664, also ziemlich gleichzeitig mit den Florentinern die Konstanz der Schmelztemperatur des Eises und 1684, also vor **Renaldini**, die Konstanz der Siedehitze des Wassers erkannt und als feste Punkte der Thermometerskala vorgeschlagen haben. So sagt **Brewster's Edinburgh Encyclopaedie**, Vol. XI, p. 110 auf Autorität eines Manuskripts von **Robison**; allein in **Birch's History of the Royal Society** von 1684 finde ich nichts darüber, auch nicht in **Hooke's Philosoph. Experiments** von **Derham** herausgegeben, und überdies scheint nach **Edinb. Encyclop.** Vol. XVIII, p. 590 **Hooke's** Verfahren der Graduirung mit dem von **Boyle** Aehnlichkeit gehabt zu haben; es wird dabei die *Mikrographie* p. 13 citirt.

Freilich kannten außerdem auch **Halley**¹⁾, welcher angiebt die Beobachtung schon 1688 gemacht zu haben, sowie **Newton**²⁾ die Konstanz der Siedehitze des Wassers, allein diese suchten nicht, wie es **Amontons** that, eine Anwendung auf die Graduirung des Thermometers zu machen. Ueberhaupt ist merkwürdig, daß die beiden festen Temperaturen des Wassers, nachdem sie beobachtet waren, so wenig beachtet wurden hinsichtlich ihrer Verwendung für das Thermometer. So kannte die *Accademia del Cimento*

¹⁾ *Philosoph. Transactions* 1693.

²⁾ *Ibid.* 1701.

wenigstens die Konstanz der Schmelztemperatur des Eises, und regulirte doch nicht im Geringsten ihr Thermometer danach.

Boyle, der das florentiner Thermometer frühzeitig kennen lernte, sah zwar die Mängel seiner Theilung ein und suchte sie zu verbessern, aber obwohl er auch die Konstanz des Schmelzpunktes vom Eise kannte, so machte er keinen Gebrauch davon. Er schlug als einen Fixpunkt der Thermometerskala den Schmelzpunkt des festen Anisöls vor, weil dieses leichter in allen Jahreszeiten zu haben sei, und weil er außerdem an der völligen Konstanz des Schmelzpunktes des Eises zweifelte! ein Zweifel, den auch Derham, Halley und Musschenbroek theilten, indem sie glaubten der Schmelzpunkt sei nach der geographischen Breite verschieden ¹⁾).

Mit dem einen Festpunkt des schmelzenden Anisöls wollte dann Boyle die Graduirung auf die Weise vornehmen, daß er $\frac{1}{10000}$ oder sonst einen Bruchtheil der Ausdehnung des Oels als Grad ansah.

Halley hat allerdings, wie eben erwähnt, schon vor Amontons die Konstanz der Siedehitze des Wassers beobachtet, aber ebenfalls keine Anwendung davon auf das Thermometer gemacht. Er füllte thermometerartige offene Gefäße mit Quecksilber und Wasser, tauchte sie in Wasser und brachte dieses über Feuer zum Sieden, um zu sehen, wie viel sich die genannten Flüssigkeiten ausdehnen würden. Bei dieser Untersuchung, bei welcher er den Fehler beging die Ausgangstemperatur nicht näher zu bestimmen (wahrscheinlich war es die mittlere Temperatur der Luft), fand er nun, daß die Ausdehnung der beiden Flüssigkeiten bis zur Siedehitze des Wassers eine scharfe Gränze hatte. Er fand sie für das Wasser $= \frac{1}{25}$.

Einige Jahre früher, nämlich 1684 hatte Hooke eine gleiche Bestimmung auf andere Weise gemacht, und zwar *to examine the limits of heat and cold, that water will en-*

¹⁾ Brewster, Edinb. Encycl. XVIII, 590.

ture in the guise of a liquor etc. wog er eine Eisenkugel in Wasser, das eben gefrieren wollte, und in Wasser, das eben im Begriff zum Sieden stand, und dabei fand er, daß es im letzteren Zustand um $\frac{1}{30}$ specifisch leichter war ¹⁾. Vermuthlich ist es dieser Versuch, worauf Robison die oben erwähnte Angabe stützt, ich finde aber a. a. O. nicht, daß Hooke dies Resultat für das Thermometer verwerthet habe.

Für das Quecksilber fand Halley die Ausdehnung $= \frac{1}{12}$. Man findet wohl angegeben, daß Halley bereits 1680 das Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit vorgeschlagen habe, allein an der betreffenden Stelle ²⁾ sagt er, es würde sich wohl zu diesem Gebrauche eignen, wenn seine Ausdehnung beträchtlicher wäre, er hat es also 1693 nicht als thermometrische Substanz empfohlen; dagegen, fügt er hinzu, daß, wie klein auch die Ausdehnung sei, sie doch einen Einfluß habe auf die Quecksilberhöhe im Barometer. Er wäre demnach in der Erkennung des Einflusses der Wärme Amontons zuvorgekommen, ich finde aber nicht, daß er die Nothwendigkeit einer Wärmekorrektion des Barometers empfohlen hätte.

Halley stellte den eben angegebenen Versuch auch mit Weingeist an; allein da er ein offenes thermometerartiges Gefäß damit gefüllt hatte, so konnte er natürlich nicht bis zum Siedepunkt des Wassers gehen, sondern mußte den Versuch abbrechen, sobald der Weingeist zu sieden anfang. Diesen Siedepunkt des Weingeistes, nicht den des Wassers, wollte Halley als oberen Fixpunkt der Thermometerskale angesehen wissen, weil er eben gefunden, daß sich das Volumen des Weingeistes dabei nicht mehr vergrößerte. Als unteren Fixpunkt schlug er die Temperatur tiefer Keller vor, weil er sie für konstanter und leichter bestimmbar hielt, als den Schmelzpunkt des Anisöls oder Eises.

¹⁾ Birch, History of the Royal Society, Vol. IV, p. 265. 269.

²⁾ Philosoph. Transact. 1693.

Man sieht hieraus, daß Halley noch weit davon entfernt war die Thermometerskala auf eine sichere Grundlage zurückzuführen, namentlich hing ja bei ihm der obere Normalpunkt der Skale ganz von dem Wassergehalt des Weingeistes ab, mit dem er das Thermometer füllte.

Was Newton betrifft, so war seine Thermometerskala schon bedeutend besser, aber doch keineswegs tadelfrei. Als Flüssigkeit in seinem Thermometer diente Leinöl, und seine festen Punkte waren die Temperatur des schmelzenden Schnees = 0° R. und die Temperatur des menschlichen Körpers, zwischen denen er die Skale in 12 Theile theilte. Von der Siedehitze des Wassers machte er zum Graduiren seines Thermometers keinen Gebrauch, obwohl er deren Konstanz kannte; er setzte sie = 34° seiner Skala. Es war dies eigentlich nur die Abkürzung einer Graduierung, wonach

das Volumen des Leinöls bei	0°	Newton	=	10000
-	-	- 12°	-	= 10256
-	-	- 34°	-	= 10725

war, doch setzte er die Siedehitze nicht als ganz konstant, sondern das anfangende Sieden = 33° seiner Skale, das starke Sieden = 34° , welches bis $34\frac{1}{2}$ gehen könne.

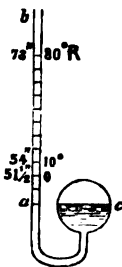
Es ist dies eigentlich nur ein Beweis von der Genauigkeit, mit welcher Newton beobachtete, denn wenn man, wie er es that, das Thermometer in das Wasser selbst taucht, so sind solche Schwankungen unvermeidlich. Was wir heut zu Tage Siedehitze des Wassers schlechthin nennen, ist nicht die Temperatur des siedenden Wassers, sondern die Temperatur des aus dem siedenden Wasser aufsteigenden Dampfes. Nur diese ist, und zwar für einen bestimmten Druck der Atmosphäre konstant; die Temperatur des siedenden Wassers dagegen ist veränderlich und hängt ab, außer vom Luftdruck auch von der Natur der Gefäße, der Tiefe des Eintauchens, der Reinheit des Wassers u. a. m.

Vielleicht gab dieser Umstand Veranlassung, daß Newton die Siedehitze des Wassers nicht zur Entwerfung

der Thermometerskala benutzte, vielleicht war er selbst mit der Thatsache bekannt, daß der Siedepunkt vom Barometerstand abhängt. Amentons wußte von dieser Beziehung noch nichts, obwohl er aus Boyle's und Papin's Versuchen mit ihr hätte bekannt werden können, und auch Mariotte sie kannte, und daraus den ganz richtigen Schluß zog, daß das Wasser auf Bergen bei einer niedrigeren Temperatur sieden müsse, als am Fusse derselben, ein Schluß, der erst viele Jahre später seine experimentelle Bestätigung fand. Es war nämlich Le Monnier, der am 6. Okt. 1739 auf dem Canigou in den Pyrenäen die Beobachtung machte, daß daselbst bei 20" 2,5'" Barometerstand das Wasser 9° niedriger siede als in Perpignan.

222. Geht nun aus Allen diesem hervor, daß Amon-
tons die Konstanz der Siedehitze des Wassers weder zu-
erst beobachtet noch die Umstände erkannt hat, unter
denen sie eigentlich konstant ist, so muß man ihm doch
das Verdienst lassen, daß er sie zur Konstruktion eines
Thermometers benutzte, welches in mancher Hinsicht ent-
schiedene Vorzüge vor den bis dahin angefertigten besaß.
Er konstruirte nämlich das erste wirkliche Luftther-
mometer, welches nicht auch zugleich Barometer war.
Die Einrichtung desselben war folgende: eine lange, oben
offene, enge Glasröhre ab (Fig. 21) ist unten umgebogen
und endigt mit einer Kugel c . In dem Apparat ist so

Fig. 21. viel Quecksilber, daß, wenn man ihn in sie-
dendes Wasser stellt und der Barometerstand
28" ist, das Quecksilber bei b 45 Zoll über dem
Niveau in der Kugel steht, der Gesamtdruck
der erhitzten Luft also $28 + 45 = 73$ " beträgt.
Von dem mit 73 bezeichneten Punkte ist die
Röhre in pariser Zoll und Linien abwärts ge-
theilt, welche auch rückwärts gezählt sind, so
daß im Quecksilberspiegel ca , wenn die Be-
zeichnung so tief herab nöthig gewesen wäre,
28 hätte stehen müssen. Verminderte sich nun bei der
Abkühlung die Elasticität der in der Kugel eingeschlosse-



nen Luft, so sank die Quecksilbersäule in der Röhre ab , und wenn man dann jedesmal von ihr so viel abzog, als zur Zeit der Beobachtung die Barometerhöhe über 28", oder so viel hinzusetzte, als sie unter 28 Zoll betrug, so hatte man nach Amontons' Meinung den vom veränderlichen Luftdruck befreiten Wärmeeffekt allein. Auf diese Weise fand er die Wärme des gefrierenden Wassers $51\frac{1}{2}$ Zoll, und in dem Keller der pariser Sternwarte 54 Zoll¹⁾.

Es ist wohl zu merken, daß das Luftthermometer von Amontons nicht bloß durch diese Korrektion, sondern auch in seinem Princip sich wesentlich von allen früheren Instrumenten der Art unterschied. Bei allen bis dahin konstruirten Luftthermometern wurde die Temperatur gemessen oder geschätzt durch die Ausdehnung oder Volumenvergrößerung der eingeschlossenen Luft; bei dem Amontons'schen Instrumente dagegen wurde sie gemessen durch den Anwuchs der Spannkraft der Luft, deren Volumen im Wesentlichen konstant blieb, da die Durchmesser der Röhre und Kugel im Verhältniß 1 : 58 standen. Dies Princip ist ganz gemäß unserer heutigen Gleichung

$$\frac{V'}{V} = \frac{P}{P'} \frac{(1 + \alpha t)}{(1 + \alpha t')},$$

welche gerechtfertigt ist, soweit das Mariotte'sche Gesetz richtig ist. Amontons hatte dasselbe bestätigt gefunden²⁾, allein der Satz

$$\frac{P'}{P} = \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t}, \text{ wenn } V = V',$$

möchte bei ihm doch wohl mehr vorausgesetzt als erwiesen sein. Das Verhältniß $P' : P$ für seine Temperaturen 54" und 73", d. i. Kellerwärme und Siedehitze, fand er = 1 : 1,35, was auf 0° und 100° reducirt 1 : 1,4 giebt.³⁾

Das Amontons'sche Luftthermometer ist natürlich wegen seiner großen Länge sehr unbequem zu gewöhnlichem Gebrauch, er wollte es auch nicht dazu benutzen, sondern als Normalthermometer verwenden, um danach

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 218.

²⁾ Ibid. II, 461.

³⁾ Ibid. II, 468.

seine Weingeistthermometer zu reguliren. Die große Länge und Masse des ganzen Instruments machen es gewiß recht schwierig, dasselbe ganz in siedendes Wasser zu versenken, und ihm eine gleichmäßige Temperatur zu geben, dasselbe auch bei der Handhabung und dem Transport vor Luftverlust zu bewahren. Diese Mängel, zu denen auch der ungleiche Feuchtigkeitszustand der eingeschlossenen Luft bei verschiedenen Thermometern der Art kommt, flößen doch einiges Mißtrauen gegen die Zuverlässigkeit dieses jedenfalls recht sinnreichen Instrumentes ein, mit welchem übrigens der Marquis Poleni 11 Jahre hindurch zu Padua, von 1725 bis 1736, meteorologische Beobachtungen anstellte.

Um die Berichtigungen wegen des Barometerstandes an dem in Rede stehenden Thermometer entbehrlich zu machen, schlug 14 Jahre später ein Zeitgenosse von Amontons, der ausgezeichnete Physiko-Mathematiker Jakob Hermann (1678—1733) aus Basel vor, die Röhre oben zuzuschmelzen, wodurch das Luftthermometer Amontons's die Form eines Barometers erhielt. Er beschrieb das so abgeänderte Instrument in seiner *Phoronomia seu de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum*, Amstel. 1716. Dies Thermometer, das man noch in physikalischen Kabinetten antrifft, zeigt direkt die Elasticität und damit die Temperatur der eingeschlossenen Luft an, sobald die Quecksilbersäule wegen ihrer Temperatur korrigirt ist. Dasselbe Instrument wurde 1719 in den *Actis Erudit.* nochmals als neu beschrieben von Balthasar, Prof. der Mathematik zu Erlangen, der es indeß auch ein Jahr lang zu meteorologischen Beobachtungen benutzte, während es bei Hermann bloßer Vorschlag geblieben zu sein scheint.

223. Amontons suchte auch mit seinen Thermometern höhere Temperaturen zu messen, als sie unmittelbar anzugeben vermochten. Er machte zu dem Ende eine dicke Eisenstange über Kohlenfeuer an einem Ende glühend, erst in aufrechter Stellung; dann legte er sie horizontal und ermittelte die Stellen, wo sie grade die Hitze hatte,

welche nöthig war, um Wachs, Zinn, Blei, Glas u. s. w. zu schmelzen. Vorher hatte er am kälteren Ende der Stange die niedrigeren Temperaturen gewisser Stellen mittelst seines Luftthermometers bestimmt, und indem er nun annahm, daß die Temperatur nach dem heißeren Ende hin in arithmetischer Progression zunehme, konnte er leicht die Schmelzpunkte von Wachs, Zinn, Blei, Glas u. s. w. auffinden.

Dies Verfahren ist gewiß recht sinnreich und nützlich; nur schade für Amontons, daß er es weder erfunden noch richtig angewandt hat. Die Erfindung dieser Methode gehört Newton, der sie ein Jahr zuvor, nämlich 1701 in den Philosoph. Transact. beschrieb und zwar anonym unter dem Titel: Eine Skale von Hitzegraden. Newton kommt durch eine Theorie, die ich späterhin (§ 283) erörtern werde, zu dem Schluß, daß die Temperaturen einer Metallstange, die an einem Ende einer konstanten Wärmequelle ausgesetzt wird, durch die Ordinaten einer logarithmischen Linie dargestellt werden, und daher mußten denn seine Angaben von denen Amontons's abweichen. Indefs ist der Unterschied bis zu einer Temperatur von etwa 540° F. zwischen beiden Annahmen nicht sehr bedeutend.¹⁾ — Amontons selbst macht übrigens keinen Anspruch auf die Erfindung; er kannte den Aufsatz von Newton nicht allein sehr gut, sondern stellte seine Versuche auch grade in der Absicht an, um die vermeintlichen Fehler darin zu verbessern.

224. Ausser den bisher genannten Arbeiten hat sich Amontons noch dadurch einen Namen gemacht, daß er die erste wissenschaftliche Untersuchung über die Reibung zwischen starren Körpern anstellte; dieselbe ist in den pariser Memoiren von 1699 beschrieben in der Abhandlung: *Sur la résistance causée dans les machines par le frottement et par la roideur des cordes*. Bis dahin hatte man nur sehr vage Begriffe von der Reibung gehabt, man

¹⁾ Lambert, Pyrometrie, S. 186.

glaubte allgemein, die Stärke der Reibung wäre bloß der Größe der reibenden Fläche proportional; Amontons zeigte zuerst, daß es dabei auch auf den Druck ankomme.

Um dies nachzuweisen, legte er den zu untersuchenden Körper auf eine horizontale Unterlage, befestigte an denselben eine Schnur, welche er parallel mit der Reibungsfläche über eine Rolle führte und am Ende mit einem Gewicht belastete. Hierauf bestimmte er das größte Gewicht, welches den Körper noch nicht bewegte und dann dasjenige, welches ihn eben in Bewegung setzte; das Mittel daraus sah er als Maß der Reibung an. Körper und Unterlage waren einzeln oder beide in seinen Versuchen von Eisen, Blei, Kupfer und Holz, deren Reibung er gleich $\frac{1}{3}$ vom Gewicht des Körpers fand. Wie die Reibung vom Druck abhänge zeigte Amontons sinnig an einem Parallelepipedum, welches er erst auf eine seiner großen, dann auf eine seiner kleineren Flächen legte, und beide Male auf seine Reibung untersuchte; trotz der ungleichen Größe der Flächen, war die Reibung in beiden Fällen gleich.¹⁾ Diese Untersuchung ist Veranlassung gewesen, daß sowohl gleichzeitige wie spätere Physiker dem Phänomen der Reibung ihre Aufmerksamkeit zuwandten.

Als letzte Proben der Thätigkeit und Erfindungskraft von Amontons will ich noch anführen, daß er einen Telegraphen und eine Art Dampf- oder Feuermaschine konstruirte. Sein Telegraph war dem heutigen mit beweglichen Linealen sehr ähnlich, und er experimentirte damit im J. 1702 in Gegenwart des Hofes vor einem großen Publikum. Es war dies aber nicht der erste Telegraph, Hooke hatte schon früher einen derartigen angegeben. Seine sogenannte Dampfmaschine, moulin à feu, Feuer- oder Wasserrad bewirkte die Bewegung durch erhitzte Luft, war aber unpraktisch und ist wohl nie ausgeführt.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 388.

Dalencé.

225. Da ich in dem Bisherigen viel von den Vervollkommnungen des Thermometers gesprochen habe, so kann ich nicht unterlassen, sogleich auf **Amontons** ein Paar Männer folgen zu lassen, die sich in dieser Hinsicht wesentliche Verdienste erworben haben, nämlich den Franzosen **Dalencé** und unseren Landsmann **Fahrenheit**.

Was **Dalencé** betrifft, so ist er Verfasser eines Büchelchens in 12°, betitelt: *Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres*, welches im J. 1688 zu Amsterdam anonym erschien, und in der Geschichte des Thermometers in sofern eine Rolle spielt, als durch dasselbe hauptsächlich der Irrthum verbreitet worden ist, daß **Cornelius Drebbel** der Erfinder dieses Instrumentes sei. Weit bemerkenswerther als durch diese irrige Angabe ist aber das genannte Büchelchen dadurch, daß sich darin zu allererst das wahre Princip zur Entwerfung einer richtigen Thermometerskala aufgestellt findet, das Princip nämlich, das Thermometer nach einander in zwei von Natur konstante Temperaturen zu versetzen und den Zwischenraum der Punkte, welche das Instrument anzeigt, in gleiche Theile zu theilen.

In diesem Princip, das zu richtigen Resultaten führt, sobald die thermometrische Flüssigkeit sich wirklich den Temperaturen proportional ausdehnt, und der Stiel des Instruments genau cylindrisch ist, hat **Dalencé** sogar die Priorität vor **Renaldini**, aber er steht diesem darin nach, daß er als feste Temperatur nicht den Schmelzpunkt des Eises und die Siedehitze des Wassers wählte, sondern andere minder zweckmäßige Temperaturen. Er gab zwei Skalen an; in der ersten bestimmte er die festen Punkte durch

Schmelzende Butter . . . $+ 10^0$ Dal. = 30^0 C.

In der Mitte 0^0 -

Lufttemperatur beim Anfang

des Gefrierens $- 10^0$ - = 0^0 -

Die Fundamentalpunkte für die zweite Skale lieferten ihm ein tiefer verschlossener Keller und eine Mischung

von Eis und Kochsalz. Diese Temperaturen waren, wie ersichtlich, nicht zweckmäßig und konnten um so weniger richtige Resultate geben, als sie von Dalencé auf das Weingeistthermometer angewandt wurden, aber das Princip der Graduirung war doch richtig und bis dahin nicht aufgestellt.¹⁾

Fahrenheit.

226. Ich komme nun zu unserm Landsmann **Fahrenheit**. Die Zeit seines Wirkens reicht zwar schon etwas weit in das XVIII. Jahrhundert, da indeß seine Leistungen einen gewissen Abschnitt in der Geschichte des Thermometers machen, so glaube ich sie hier füglich anreihen zu können.

Daniel Gabriel Fahrenheit war geboren zu Danzig im J. 1686, und anfangs zum Kaufmannsstande bestimmt. In dieser Absicht wurde er 1701 nach Amsterdam geschickt, seine Neigung zur Physik zog ihn aber bald gänzlich von diesem Stande ab. Um seine Kenntnisse zu erweitern, machte er mehrfache Reisen nach England, Frankreich und Deutschland, und da er schon frühzeitig eine ungewöhnliche Geschicklichkeit in der damals noch seltenen Kunst der Anfertigung von Thermometern erlangt hatte, so erwarb er sich dadurch überall Freunde unter den Physikern. Größtentheils lebte er in Holland, wo er sich des belehrenden Umganges mit s' Gravesande und dem berühmten **Boerhaave** erfreute, und auch im J. 1736 starb.

Besonders ist es das Thermometer, welches **Fahrenheit** berühmt gemacht und ihm unter den Zeitgenossen einen solchen Ruf verschafft hat, daß mit den von ihm angefertigten Instrumenten schon vor dem J. 1709 in vielen Städten des nördlichen Europas Beobachtungen angestellt wurden. Die ersten Thermometer **Fahrenheit's** waren mit Weingeist gefüllt und nur von geringem Umfang, so daß sie bloß zu meteorologischen Beobachtungen dienen konnten;

¹⁾ Lambert, Pyrometrie, S. 50.

sie besaßen aber die köstliche Eigenschaft, daß sie miteinander übereinstimmten. Wie selten diese Tugend unter den damaligen Thermometern war trotz aller Bemühungen von **Dalencé**, **Ronaldini**, **Halley**, **Newton** und **Amontons**, mag daraus erhellen, daß der berühmte Freiherr **Christian v. Wolf**, Kanzler der Universität zu Halle und Prof. der Philosophie und Mathematik daselbst, sich nicht genug verwundern konnte über zwei Thermometer, die er 1714 von **Fahrenheit** geschenkt bekommen hatte, und welche so genau übereinstimmten, daß er keinen Unterschied in ihrem Gange entdecken konnte.¹⁾ Er hielt die Sache für so merkwürdig, daß er darüber in den *Actis Erudit.* von 1714 eine Abhandlung schrieb, worin er zum Schluß die Meinung ausspricht, der Grund der Uebereinstimmung möge wohl in einer besonderen Beschaffenheit des Weingeistes liegen.

Diesen Weingeistthermometern gab **Fahrenheit** im Lauf der Zeit drei verschiedene Skalen, welche man später als größere, mittlere und kleinere unterschieden hat. Ihre Relation war

größere	mittlere	kleinere
90	24	96
0	12	48
90	0	0

Mit Thermometern der ersten Art wurden lange Zeit, von 1725 bis 1740, in Berlin meteorologische Beobachtungen gemacht, desgleichen in Danzig von **Hanov** (gest. 1773) und in Nürnberg von **Doppelmayr** (gest. 1750). Von der zweiten Art waren die **Wolf'schen**, bei denen die Grade in Viertel getheilt waren, und die dritte Skale ist offenbar aus der zweiten durch Vierteltheilung entstanden.

Ums J. 1714 oder 1715, nach Andern im J. 1720 ging **Fahrenheit** von den Weingeistthermometern zu den Quecksilberthermometern über, gewiß ein wichtiger Fortschritt! Bei diesen behielt er die dritte Skale bei, und meistens

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* III, 221.

liefs er seine Skale auch nicht weiter als bis 96° gehen, auch stimmten die Quecksilberthermometer mit den Wein-geistthermometern überein. Dies hat nun selbst unter späteren Physikern Verwunderung erregt, und man ist sogar soweit gegangen zu glauben, Fahrenheit habe ein besonderes Geheimniß, zumal er, allem Anscheine nach, seine Thermometer nicht nach einem Normalthermometer regulirte, sondern jedes einzeln graduirte. Selbst nachdem er sein Verfahren veröffentlicht hatte, haben Einige geglaubt, und Manche glauben es noch, daß es nicht offen von ihm mitgetheilt worden sei. Indessen scheint mir dieser Argwohn nicht begründet zu sein.

Fahrenheit machte sein Verfahren bekannt in den *Philosoph. Transactions* 1724; und wie er es dort beschreibt, kommt es im Wesentlichen darauf hinaus, daß er der Skale seiner Thermometer drei feste Punkte giebt:

1) Die Temperatur eines Gemisches von Eis, Wasser, Salmiak oder Kochsalz; diese nahm er zum Nullpunkt seiner späteren Skalen, und er hielt sie für die absolut grösste Kälte, welche die Natur hervorbringe, für den absoluten Wärme-Nullpunkt. Diese Meinung schien auch Boerhaave zu theilen, dem überhaupt Olaf Römer die Benutzung dieses Punktes zuschrieb ¹⁾. Die Temperatur des vermeintlichen absoluten Nullpunkts von Fahrenheit stimmte zufällig überein mit der grossen Kälte, die im Winter 1709 zu Danzig herrschte, und Einige glauben, Fahrenheit habe sie von dieser Winterkälte entlehnt; indess scheint dem nicht so zu sein, denn derselbe Punkt findet sich auch auf Thermometern, die Fahrenheit vor dem J. 1709 konstruirte.

2) Die Temperatur eines Gemisches aus Eis und Wasser, unser gewöhnlicher Nullpunkt, den Fahrenheit für den des anfangenden Gefrierens hielt; sein Grad 32.

3) Die Temperatur im Innern des Mundes oder einer der Achselhöhlen als die Temperatur des menschlichen

¹⁾ van Swinden, *Comparaison des thermomètres* p. 45.

Körpers oder die Blutwärme, die indess etwas höher ist; sein Grad 96.

Die Siedehitze des Wassers benutzte **Fahrenheit** nicht, obwohl er in dem eben genannten Aufsatz von 1724 sagt, er habe die Konstanz derselben vor etwa 10 Jahren aus der Abhandlung von **Amontons** kennen gelernt. Einige, z. B. **Muncke** ¹⁾, sind der Meinung, **Fahrenheit** habe sie doch benutzt und die Graduirung ganz nach der heutigen Methode bloß mit schmelzendem Eis und siedendem Wasser ausgeführt; indess ist das eine Vermuthung, die nicht durch anderweitige Gründe unterstützt wird. Die ganze Anlage seiner Skala spricht dagegen, welche auf gewissen theoretischen Ansichten von sechs gleichen Temperaturstufen zu beruhen scheint. So hatten die beiden **Wolf'schen** Thermometer, die nach der zweiten Skale (aus welcher die dritte oder gewöhnliche durch Multiplikation mit 4 abgeleitet ist) graduirt waren, von 4 zu 4 Graden folgende Beischriften, durch welche das Ende der Skale einigen Aufschluß erhält:

0 = sehr große Kälte	16 = heiß
4 = große Kälte	20 = sehr heiß
8 = kalt	24 = unerträglich heiß.
12 = mäßig	

Bei den nicht zu meteorologischen Zwecken bestimmten Quecksilberthermometern erweiterte nun **Fahrenheit** seine Skale und fand so, daß 212° dem Siedepunkt des Wassers entsprechen, und 600° dem Siedepunkt des Quecksilbers.

Man hat **Fahrenheit** das Verdienst streitig machen wollen, der erste gewesen zu sein, der Quecksilberthermometer verfertigte, und in gewisser Beziehung hat man nicht Unrecht. Wir wissen gegenwärtig, daß schon die florentiner Physiker zu einzelnen Experimenten Quecksilberthermometer anfertigten (§ 179), wiewohl darüber nichts in ihren Denkschriften steht und es erst jetzt bekannt ge-

¹⁾ N. Gehler, Neues phys. Wörterb. IX, 860.

worden ist. Auch finde ich in Birch¹⁾, daß der königl. Gesellschaft in London am 28. Mai 1684 ein Brief von einem Herrn Musgrave vorgelesen ward, worin von einem neuen Thermometer in Paris Nachricht gegeben wird, das nur 3" Länge und 5" im Durchmesser hätte, mit Quecksilber gefüllt sei und sich sehr zur Beobachtung des Verlaufs von Fiebern eigne. Aber dies Thermometer hatte sicher keine ordentliche Skale, und wie wenig Beifall es fand, ersehen wir daraus, daß Halley im J. 1698 das Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit förmlich verwarf, und noch im J. 1701 Newton zum Leinöl seine Zuflucht nahm. Brauchbare Quecksilberthermometer mit zuverlässiger Skale verfertigt zu haben bleibt ganz ohne Widerrede das Verdienst von Fahrenheit.

Die Beschäftigung mit dem Thermometer führte Fahrenheit darauf, den Siedepunkt verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen, wörtlich er auch in den Philos. Transact. von 1724 eine Tafel gegeben hat. Nächst dem kam er auch darauf den Siedepunkt des Wassers zu verschiedenen Zeiten zu untersuchen, und dabei machte er die Beobachtung, daß derselbe veränderlich sei, und von dem jedesmaligen Barometerstand abhänge, eine Beobachtung, die in dieser Weise noch nicht gemacht war. Dies brachte ihn auf die Idee, ein Thermometer zu konstruiren, das auch als Barometer dienen könne. Dasselbe war ein Thermometer, dessen Röhre unten die gewöhnliche Skale 0 bis 96 hatte, oben aber nicht die Siedetemperatur, sondern die jedem Siedepunkt entsprechende Barometerhöhe angab, also auch aufwärts die Zahlen 27", 28", 29" mit den Unterabtheilungen trug. Damit die Röhre nicht zu lang werde, erhielt sie zwischen beiden Skalen in der Mitte eine Erweiterung. Die barometrische Skale war wohl empirisch gefunden und nur für meteorologische Zwecke, nicht für Höhenmessungen berechnet. Fahrenheit ist also Erfinder des Thermobarometers, welches später von Cavallo (Phil. Transact.

¹⁾ Hist. of the royal Society IV, 299.

das Aräometer grade bis zu der festen Marke einsank. Die Kugel des Instruments war sehr groß und faßte 3 Pfund Wasser; es sollte hauptsächlich dazu dienen die Reinheit des Flußwassers u. dgl. zu prüfen, und wurde daher water-poise genannt ¹⁾.

Das erste Gewichts-Aräometer einigermaßen von der Form der heutigen stammt her von dem Pater Louis Feuillée (gest. 1732 zu Marseille), einem Manne, der sich namentlich durch meteorologische und magnetische Beobachtungen, die er auf einer Reise nach Amerika und Indien im J. 1708 anstellte, verdient gemacht hat. Er beschrieb es 1714; auch bei diesem wurden ringförmige Gewichte auf den Hals oberhalb der Kugel des Instruments gesteckt, welchem noch der Teller fehlte. Ein anderes, welches Joh. Georg Leutmann (geb. 1667 zu Wittenberg, gest. 1736 zu Petersburg) beschrieb, hatte eine offene Röhre, in welche die nöthigen Gewichte geschüttet wurden ²⁾.

Alle diese Instrumente waren theils unzuweckmässig, theils unbequem im Gebrauch; Fahrenheit war der erste, welcher dem Gewichts-Aräometer die heutige zweckmäßige Gestalt (Fig. 22) verlieh, indem er oben den Teller *a* zum



Auflegen der Gewichte hinzufügte, und mit diesen Gewichten das Instrument nicht bis zum völligen Untertauchen, sondern bis zum Eintauchen einer festen Marke *b* auf dem dünnen Hals des Instruments beschwerte. Die untere Kugel *c* war mit Quecksilber belastet, damit das Instrument senkrecht schwimme. Fahrenheit beschrieb dasselbe in den Philosoph. Transact. von 1724. Es ist das Muster aller späteren Aräometer der Art geworden, auch des jetzt sehr gebräuchlichen von William Nicholson, welches derselbe 1787 in den Mem. of the Manch. Soc. Vol. II beschrieb. Letzteres weicht

¹⁾ Birch, Hist. III, 344.

²⁾ Comment. Acad. Petropol. V, 273.

nur in der äußeren Gestalt von seinem Vorbild ab und besonders dadurch, daß es auch zur Bestimmung der specifischen Gewichte fester Körper eingerichtet ist.

Erfindung der Dampfmaschine.

228. Aus dem Bisherigen ging hervor, daß der Druck der Atmosphäre, die Elasticität der Luft und deren Ausdehnbarkeit durch die Wärme, sowie das Gefrieren und Sieden der Flüssigkeiten eine Hauptrolle unter den Gegenständen spielten, mit welchen die Physiker des XVII. Jahrhunderts beschäftigt waren. Im Lauf dieser Beschäftigungen konnte es nicht ausbleiben, daß man auch dem Wasserdampf eine größere Aufmerksamkeit zuwandte, da dessen Haupteigenschaft, die Expansiv- oder Spannkraft, längst bekannt, und auch als eine bewegende Kraft anerkannt war. Die fortgesetzten Bemühungen diese Kraft nutzbar zu machen, führten nun gegen Ende des XVII. Jahrhunderts allmählich auf die Konstruktion der Dampfmaschine, jenes mächtigen Hebels der neueren Industrie, dessen Erfindung man wegen seines tief greifenden Einflusses auf die gewerblichen, kommerziellen und politischen Verhältnisse der Völker einen ebenso hohen Rang in der Reihe der menschlichen Erfindungen anweisen muß, als der Erfindung des Kompasses, des Schießpulvers und der Buchdruckerkunst.

Die Erfindung der Dampfmaschine ist, wie so manche andere, nicht mit einem Schlage gemacht, sondern nach und nach aus sehr unbedeutenden Anfängen hervorgegangen. Die Uebergänge von einer Stufe der Vervollkommenung zu der nächst folgenden verlaufen so sehr ineinander, daß die Beantwortung der Frage, wann die erste Dampfmaschine zu Stande gebracht sei, kaum von individuellen Ansichten zu befreien ist. Die Beantwortung der Frage hängt wesentlich davon ab, was man eine Dampfmaschine nennen will, und eine Definition darüber läßt der Willkür immer manchen Spielraum.

Dieser Umstand, verbunden mit der großen Wichtigkeit der Dampfmaschine, hat schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts die Streitfrage erregt, welcher Nation und welchem Individuum die Ehre gebühre, das Menschengeschlecht mit einem so nützlichen Werkzeug beschenkt zu haben, und diese Frage ist neuerdings wieder auf das lebhafteste diskutiert worden, seitdem Herr Arago in Paris sie gegen die allgemein angenommene Ansicht zu Gunsten seiner Landsleute, der Franzosen, entschieden hat. Man hat bei dieser Gelegenheit alles hervorgesucht, was geeignet sein könnte, dieser oder jener Nation irgend einen Antheil an der Erfindung der Dampfmaschine zu sichern. Dadurch ist eine Reihe von historischen Momenten ans Licht gezogen, die, wenn sie auch keinen erheblichen Werth für den beabsichtigten Zweck haben, doch dadurch interessant sind, daß sie erkennen und klarer hervortreten lassen, wie viele Versuche vorangingen, ehe man den rechten Weg auffand, die Dampfkraft wahrhaft nutzbar zu machen.

Wenn man die Geschichte der Dampfmaschine mit der frühesten Spur von Kenntniß der Spannkraft des Dampfes beginnen wollte, so müßte man bis Aristoteles zurückgehen, denn dieser hatte offenbar schon eine Vorstellung von der Gewalt eingeschlossener Dämpfe, da er die Erdbeben durch die plötzliche Verwandlung des Wassers in Dampf oder eigentlich Luft zu erklären sucht. Doch ist diese Ansicht, die später Seneca bestimmter aussprach, noch sehr unklar bei Aristoteles, und von irgend einer künstlichen Anwendung des Wasserdampfes nicht die Rede ¹⁾.

Eine künstliche Anwendung des Dampfes findet sich zuerst bei Hero von Alexandrien (120 v. Chr.). Wenn er auch nicht Erfinder der Aeolipile sein sollte, so hat er sie doch zuerst beschrieben und nicht bloß die einfache, sondern auch die rotirende, mit Dampf und mit erhitzter Luft, wie ich dies schon früher angegeben habe (§ 3). Sein späterhin so vielfach studirtes Werk: *Spiritualia seu pneu-*

¹⁾ Ukert, Geogr. der Griechen u. Römer II, 185.

matica enthält überdies noch andere Vorrichtungen, worin die Ausdehnbarkeit der Luft und des Dampfes als bewegende Kraft benutzt wird, freilich nicht zu eigentlichen Maschinen, sondern zu Demonstrationen oder, wenn man will, zu Spielereien, wie u. A. die auf einem aufrechten Dampfstrahl tanzende Kugel.

Von den Griechen ging die Kenntniß der Aeolipile zu den Römern über. Vitruvius, zu Kaiser Augustus Zeiten, spricht ausführlich von ihr in seiner *Architectura* lib. I cap. 6, und will durch sie, eben nicht glücklich, die Winde erklären. Auch in späteren Zeiten der römischen Civilisation erhielt sich die Kenntniß von der Spannkraft des Wasserdampfs, wovon die etwas fabelhafte Erzählung einen Beweis giebt, welche man von Anthemius, dem berühmten Erbauer der Sophienkirche in Konstantinopel unter Kaiser Justinian I., aufbewahrt.

Dieser lebte, so sagt man, mit seinem Nachbar dem Redner Zeno, wegen der Fenster oder Mauern seines Hauses in Streit, und als es darüber zur gerichtlichen Klage kam, behielt sein Gegner durch seine gewandte Zunge den Sieg in der Sache. Um sich an diesem zu rächen, soll Anthemius in dem Keller seines Hauses mehrere Dampfkessel errichtet, und von diesen aus Röhren versteckter Weise zwischen die Balken und Sparren des Nachbarhauses geleitet haben. Er soll dann diese Röhren, die verschlossen waren, durch starkes Feuer zum Platzen gebracht und dies in dem Hause des Zeno eine solche Erschütterung bewirkt haben, daß der arme Mann glaubte, es wäre ein Erdbeben, und vor Gericht erklärte, er wolle lieber sein Haus verlassen, als neben einem Nachbar wohnen, der den Dreizack des Neptun in seiner Gewalt habe ¹⁾).

229. Im Mittelalter finden wir die erste Nachricht von der Anwendung des Wasserdampfs gegen Ende des X. Jahrhunderts. William von Malmesbury ²⁾ berichtet im J. 1125,

¹⁾ Rob. Stuart, *Historical and descriptive anecdotes of Steam engines and of their inventors*, Lond. 1829, Vol. I, p. 14.

²⁾ Ibid. p. 15.

daß sich (damals) in einer Kirche von Rheims eine hydraulische Orgel befände, in welcher die Luft auf wunderbare Weise durch die Kraft des heißen Wassers entweichend metallene Pfeifen zum Ertönen bringe. Diese Orgel hatte Bischof Gerbert konstruirt, der später von 999 bis 1003 als Sylvester II. die päpstliche Tiara trug (§ 40).

Ein Seitenstück ist der Püstrich, Peustrich, Bustard, ein sorbisch-wendisches Götzenbild in Gestalt eines mit dem rechten Fuß knieenden dicken bausbäckigen Jungen, der 14 Zoll hoch und hohl war, und in seinem Bauche 9 Quart Wasser faßte. Auf Feuer gestellt pustete er denn den Wasserdampf zum Munde heraus. Er wurde in einem vermauerten Winkel zu Rothenburg aufgefunden und 1552 nach Sondershausen gebracht. Einige halten die Figur für ein sehr altes physikalisches Kunstwerk, welches Klaproth aus 916 Th. Kupfer, 75 Th. Zinn und 9 Th. Blei zusammengesetzt fand.

Vom XVI. Jahrhundert an werden solche Nachrichten häufiger. Ein gewisser Alberti, der 1398, nach Andern 1400 geboren sein soll, erwähnt in seiner *De Architectura seu de re aedificatoria*, Flor. 1485, daß die Kalkbrenner jener Zeit große Furcht hätten vor den Kalksteinen, welche mit Luft gefüllte Höhlungen enthielten; denn wenn sie erhitzt würden, so bildete sich in diesen Dampf, und das gäbe Anlaß zu sehr gefährlichen Explosionen¹⁾. Daß man die Gewalt des eingeschlossenen Wasserdampfs zu Anfang des XVI. Jahrhunderts lange in Italien kannte, geht ferner aus dem Kommentar zum Vitruv hervor, den Cesare Cesariano 1521 zu Como herausgab unter dem Titel: *Vitruvio tradotto da C. C.* Darin spricht der Verfasser ausführlich von der fürchterlichen Gewalt, mit welcher der Dampf aus der Aeolipile hervorströmt, und scheint aus dem, was er weiter anführt, hervorzugehen, daß man sich damals oder schon früher der Aeolipile im Kriege bedient habe²⁾.

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. IV, 345.

²⁾ Libri, ibid. IV, 330.

In demselben Jahrhundert finden wir auch die Nachricht, daß der spanische Schiffskapitän **Blasco de Garay** im J. 1543 im Hafen zu Barcelona ein Schiff durch Räder und Dampfkraft bewegt haben will. Muthmaßlich war es eine Reaktionsmaschine nach **Hero**; ich sage muthmaßlich, denn die Einrichtung ist nicht bekannt geworden, da **Garay** aus der Konstruktion seiner Maschine ein Geheimniß machte; man weiß nur, daß das Schiff einen Kessel mit heißem Wasser enthielt, und daß es mit Schaufelrädern versehen war. Vierzehn Jahre darauf erschien das Werk: *De varietate rerum*, Basil. 1557 von dem berühmten **Cardano**, worin dieser weitläufig von der Aeolipile redet, eine durch erhitze Luft bewegte Maschine beschreibt, und den Vorschlag macht oder vielmehr den Rath giebt, den aus den Schornsteinen aufsteigenden Rauch als bewegende Kraft zu benutzen ¹⁾.

Im J. 1562 schrieb **Joh. Matthesius**, Pastor zu Joachimsthal in Böhmen, ein Buch betitelt: *Sarepta oder Bergpostille, Nürnberg*. Darin findet sich folgende merkwürdige Stelle: *Ihr Bergleute sollet auch in euren Bergreyen rühmen den guten Mann, der Berg (Gestein) und Wasser mit dem Wind auf den Platten anrichtet zu heben, wie man jetzt auch, doch am Tage, Wasser mit Feuer heben soll! Auf welche Weise dies aber geschehen sein soll, erfahren wir leider durch Matthesius nicht.*

1569 erschien zu Orleans ein anonymes Werk mit dem Titel: *L'art et science de trouver les eaux*. Darin heisst es: *D'une mesure d'eau par chaleur et atténuation ils s'en font dix d'air, qui tient une grande espace par dessus nous, au contraire par froideur ils s'en font de dix d'air une d'eau* ²⁾.

Auf der Bibliothek zu Göttingen befindet sich ein Buch betitelt: *Opera di M. Bartholomeo Scappi, cuoco secreto di Papa Pio V, Venetia 1570*. Dies enthält 18 Kupfer tafeln, auf denen unter anderen Küchengeräthen auch ein

¹⁾ R. Stuart, Hist. etc. p. 19.

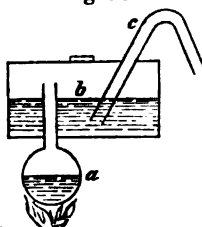
²⁾ R. Stuart, ibid. p. 21.

Bratenwender abgebildet ist, welcher vom Rauche getrieben wird. Er wird *Molinello a fumo* genannt.¹⁾

Besonders haben die Werke des Hero dazu beigetragen die Kenntniß von der Spannkraft des Wasserdampfes zu erhalten und zu verbreiten. Von der Mitte des XVI. Jahrhunderts an hat Hero zahlreiche Uebersetzer und Kommentatoren gefunden, eine italienische Uebersetzung: *Gli artificiosi e curiosi moti spirituali di Erone Alessandrino tradotti di Giambattista Aleotti, Ferrara 1589, Bologna 1647*; eine lateinische von Commandino 1575 und neu edirt Amsterdam 1580; dann wieder eine italienische zu Urbino 1592 von Giorgi, und eine von Baldi, Venedig 1601. Endlich gaben die *Veteres mathematici* zu Paris 1693 eine lateinische Uebersetzung neben dem griechischen Original. — Alles hinreichende Beweise, wie fleißig Hero studirt wurde.

Im J. 1601 erschien von Porta: *Pneumaticorum libri III*. Dies ist keine Uebersetzung von Hero, sondern eine weitere Ausführung eines der Kapitel der *Magia naturalis*. Ein gewisser Escrivano besorgte davon im J. 1606 eine italienische Uebersetzung, die mehrere Zusätze von Porta enthält; u. A. findet sich in dieser Ausgabe von 1606 ein Kapitel überschrieben: Zu erfahren in wie viel Theile Luft ein Theil Wasser übergehen (sich verwandeln) könne. Dabei wird dann beistehende Vorrichtung Fig. 23 abgebildet und be-

Fig. 23.



schrieben, die sich wesentlich von der Aeolipile unterscheidet. In einem Kolben *a* werden durch Erhitzung von außen Dämpfe entwickelt, welche in den überall verschlossenen Behälter *b* steigen und das darin befindliche Wasser in das Rohr *c* hinaufdrücken bis zum Ausfluß. Es wird also hier nicht das unmittelbar erhitzte Wasser, sondern anderes kaltes oder lauwarmes mittelbar durch Dampf gehoben.²⁾

¹⁾ Busch, Handb. der Erfindungen III, 22.

²⁾ Libri, Hist. etc. IV, 332.

Dies wäre, wenn man will, die erste Dampfmaschine, und ist weit eher so zu nennen, als die Vorrichtung, welche Salomon de Caus 1615, also 9 Jahre später, in seinen *Raisons des forces mouvantes* beschrieb (§ 195), wo er sie unter der Ueberschrift einführte: Mittel zum Heben von Wasser. Dieser Umstand verleiht ihm jedoch keine Vorrechte vor Porta, der übrigens durch seine Maschine nur ermitteln wollte, in wie viel Dampf sich ein Theil Wasser verwandelt.

Mehrere Jahre nach Salomon de Caus gab der Italiener Giovanni Branca, der Erbauer der Kirche zu St. Loretto im Kirchenstaat, das Buch heraus: *La machine artificieuse tanto spirituali quanto animali di molto artificio per produrre effetti maravigliosi*, Roma 1629, worin er vorschlug die aus einer erhitzten Aeolipile hervorströmenden Wasserdämpfe gegen die Schaufeln eines Rades wirken zu lassen, durch welches er mittelst eines Räderwerkes Stampfen bewegen wollte. Wenngleich nun auch diese Maschine sich gleichfalls mehr als die von de Caus der Dampfmaschine nähert, so würde es dennoch ein Unrecht sein, wenn man auf Branca einen Theil der Ehre der Erfindung dieses wichtigen Hebels der neueren Industrie wollte fallen lassen.

230. Mit Branca läuft gewissermaßen die erste Periode der Geschichte der Dampfmaschinen ab, und wie man sieht haben in dieser Periode nächst Hero die Italiener die meisten Ansprüche auf den Ruhm, die Dampfkraft als bewegende Kraft erkannt zu haben, wenngleich die Nutz- anwendungen sehr unbedeutend sind. Mit dem J. 1663 beginnt aber eine neue Epoche in der Geschichte der Dampfmaschinen, indem nämlich in diesem Jahr der Marquis von Worcester mit einer kleinen Schrift hervortrat, welche, was auch in neuerer Zeit von Arago dagegen eingewandt worden ist, doch zuerst die Beschreibung einer Maschine enthält, die man nicht anstehen kann eine Dampfmaschine zu nennen. Zunächst die Person:

Edward Somerset Marquis of Worcester, später Graf von Glamorgan, stammte aus einer altadligen Familie, die

selbst in dem reichen England für eine der reichsten galt. Aber dieser Reichthum sollte unter den politischen Stürmen, die sich unter Karl's I. unweiser Regierung erhoben, schnell seinen Untergang finden. Der Marquis sowohl wie sein Vater, der Graf von Worcester, waren eifrige Royalisten und Katholiken, und als Karl I. seine Getreuen gegen die Independenten zu Felde rief, rüsteten sie auf ihre Kosten ein Korps von 1500 Mann Fußvolk und 500 Reitern aus, und verwandten darauf eine Summe von nicht weniger als 60000 Lstrl. Aber das Glück war den Königlichen nicht hold; trotz großer Beweise von Tapferkeit seitens des Marquis wurde das Korps bald aufgerieben, sein Stammschloß Ragland Castle, obwohl er dasselbe mit dem Muth eines Römers vertheidigte, fiel in die Gewalt der Parlamentsarmee, seine sämtlichen Güter wurden eingezogen, und er selbst geächtet konnte nur in der Flucht nach Frankreich sein Heil finden.

Hier lebte er einige Zeit ruhig und ganz im Stillen, bis er sich im J. 1656 zu seinem Unglück überreden ließ in einem geheimen Auftrag der Royalisten nach London zu gehen. Dort wurde er erkannt und sogleich in den Tower geworfen. Aus dieser Gefangenschaft sah er sich freilich durch die Rückkehr Karl's II. 1661 befreit, aber seine Aufopferung für die nunmehr wieder eingesetzte alte Dynastie fand keine Anerkennung, Intriguen verschlossen das Ohr des Königs. Der Mann, der ein fürstliches Vermögen für die Sache des Königs geopfert hatte, mußte in seinen alten Tagen mit Schulden belastet in großer Dürftigkeit leben, in welcher er denn auch am 3. August 1667 zu London verschied. Sein Leichnam wurde später in der Familiengruft zu Ragland beigesetzt, wo noch 1795 sein Grab mit einer lateinischen Inschrift gesehen wurde, die indeß nichts von seiner Erfindung der Dampfmaschine besagt.

Es wird häufig angegeben, Worcester sei durch die Einsamkeit seiner vierjährigen Gefangenschaft auf die Erfindung der Dampfmaschine gekommen, und der erste An-

stofs sei dadurch gegeben, dafs von dem Topf, in welchem man ihm eine heifse Speise brachte, der Deckel durch die Dämpfe abgehoben sei. Dies klingt nun ganz hübsch, auch gerade nicht unglaublich, entbehrt aber doch allen historischen Grundes, denn man weifs, dafs der Marquis schon vor Ausbruch des bürgerlichen Krieges allerlei Maschinen und Kunststücke auf seinem Stammschlofs Ragland Castle hatte ausführen lassen; dann spricht aber auch dagegen die Schrift, welche seinen Namen in der Geschichte der Wissenschaft aufbewahrt hat.

Diese Schrift, die vom J. 1663 datirt und gewöhnlich als *Century of inventions* citirt wird, führt folgenden etwas langen und schleppenden Titel: *A century of the names and scantlings of such inventions, as at present I can call to mind to have tried and perfected, which, my former notes being lost, I have at the instance of a powerful friend endeavoured now in the year 1655 to set down in such a way, as may sufficiently instruct me to put any of them in practice.* Die kleine Schrift hat nicht weniger als sieben Auflagen in England erlebt, und sonderbar genug die meisten in späteren Zeiten, wo sie kein anderes als historisches Interesse haben konnte. So London 1663, 1746; Glasgow 1767; Kyo Lancashire 1778; London 1786, 1813, 1825; ausserdem ist sie in mehreren neueren Werken über Mechanik abgedruckt, so in *A treatise of mechanics 3 Vol.* 1806 von O. G. Gregory.

Worcester's Schrift enthält, wie es der Titel sagt, hundert Erfindungen, nicht eigentlich beschrieben, sondern mehr angedeutet und das noch dazu in einer zum Theil dunkeln und verworrenen Sprache, so dass der Auslegung seiner Angaben ein breiter Spielraum übrig bleibt. Ueber den Werth derselben haben sich daher von Anfang an sehr widersprechende Stimmen vernehmen lassen, lobende und tadelnde. Der verstorbene Professor Robison zu Edinburgh nennt den edlen Marquis geradezu einen Projektenmacher, dem es gar nicht an Kenntnissen und Erfindungsgabe gefehlt habe, der aber mit seiner Schrift weniger beabsichtigt

habe das Publikum zu belehren als dasselbe in Verwunderung zu setzen. In der That sind auch die meisten der hundert Erfindungen von keinem sonderlichen Belang, zum Theil sogar lächerlich, ganz nutzlos und unausführbar. Aber dennoch kann gar nicht geläugnet werden, daß er die eine, die man ihm hat streitig machen wollen, die Erfindung der Dampfmaschine erkennbar beschrieben hat, und diese eine wiegt denn allerdings die übrigen 99 mehr als vollkommen auf.

Das Aktenstück, das hier zunächst für Worcester spricht, und daher gewöhnlich angeführt wird, ist die Erfindung No. 68. Da es nicht lang ist, so will ich es hier mittheilen, zumal es eine gute Probe von der Abfassung der Schrift giebt.

*Worcester's Century of Inventions.*¹⁾

§ 68. *Eine bewundernswürdige und sehr kräftige Art Wasser durch Feuer zu heben, nicht dadurch, daß jenes durch dieses aufwärts gezogen oder gesogen würde, denn dieses muß wie die Naturforscher sagen intra sphaeram activitatis geschehen, wäre also nur für einen gewissen Abstand möglich. Aber bei dem Mittel, von welchem hier die Rede ist, finden keine Grenzen statt, sobald die Gefäße stark genug sind. Denn ich nahm eine Kanone, von welcher das Ende abgesprungen war, füllte sie auf $\frac{3}{4}$ ihrer Länge mit Wasser, verstopfte darauf das Ende und das Zündloch, und befestigte alles wohl mit Schrauben. Nachdem ich dann 24 Stunden lang unter dem so hergerichteten Gefäße fortwährend Feuer unterhalten hatte, zersprang jenes mit einem heftigen Knall, — so daß ich ein Mittel habe meine Gefäße so einzurichten, daß sie durch die darin befindliche Kraft ausgeleert und nacheinander gefüllt werden können.*

Ich habe das Wasser in einem zusammenhängenden Strahl, wie bei einem Springbrunnen, 40 Fufs hoch ausströmen sehen. Ein Gefäß gefüllt mit dem durch Feuer

¹⁾ Olinth. Gilbert Gregory, A treatise of mechanics, Vol. II, p. 620.

verdünnten Wasser hob kaltes Wasser auf 40 Fufs Höhe, und ein Arbeiter, der die Maschine beaufsichtigt, braucht nur zwei Hähne so umzudrehen, dafs wenn ein Wasserbehälter geleert ist, ein anderer zu wirken anfängt, und jener wieder mit kaltem Wasser gefüllt wird, und so fort; während das Feuer gleichmäfsig unterhalten wird, was von dem Arbeiter leicht in der Zeit geschehen kann, welche zwischen den Momenten liegt, in welchen die Hähne umgedreht werden müssen.

Diese Beschreibung ist allerdings dunkel und läfst Zweifel darüber, ob die angedeutete Maschine mehr als ein bloßes Projekt war. Aber dieser Paragraph ist keineswegs das einzige Dokument zu Gunsten Worcester's, wie das u. A. von Arago behauptet worden ist. Offenbar hat Arago die Century gar nicht angesehen oder sie nur sehr oberflächlich durchblättert, denn schon in dieser findet sich ein deutlicheres Beweisstück, was augenfällig zeigt, dafs Worcester seine Maschine nicht bloß auf dem Papier entwarf. Sonderbar genug beschreibt nämlich Worcester, was von vielen übersehen ist, in den §§ 98 und 100 nochmals dieselbe Maschine. Ich will auch diese hier wörtlich mittheilen:

§ 100. Bei einem so mächtigen Hilfsmittel, wie die zwei zuletzt erwähnten Erfindungen gewähren, habe ich durch vielfährige Versuche und Arbeiten eine Wasserhebemaschine zu Stande gebracht, mittelst deren durch die Kraft eines Kindes auf 100 Fufs Höhe eine unglaubliche Menge Wasser selbst durch 2 Fufs weite Röhren gehoben werden kann, und zwar auf eine so natürliche Weise, dafs man die Maschine nicht einmal im nächst anliegenden Zimmer hört, und mit so grofser Leichtigkeit und Gleichförmigkeit, dafs wenn auch die Maschine von einem Ende des Jahres bis zum andern Tag und Nacht im Gange ist, dennoch die Kosten sich nicht auf 40 Schillinge belaufen, und die Maschine nicht einen ganzen Tag still zu stehen braucht, und ich kann sie kühn das erstaunenswürdigste Werk in der ganzen Welt nennen. — — —

Deshalb halte ich mit Recht dafür, daß diese Erfindung meine Arbeiten krönen und mich für meine Ausgaben entschädigen werde, und daß ich nun nicht nöthig habe, meine Denkkraft noch auf weitere Erfindungen zu richten.

Hiermit ist das Hundert voll und ich will daher den Leser jetzt nicht weiter beschweren, indem ich die Absicht habe, der Nachwelt ein Buch zu hinterlassen, in welchem unter jeder der oben angegebenen Ueberschriften die zur Ausführung aller gedachten Erfindungen nöthigen Mittel und Versuche angegeben, und welchen in Kupfer gestochene Zeichnungen von allen dazu gehörigen Stücken beigelegt werden sollen;

In bonum publicum et ad maiorem dei gloriam.

Der Schluß der ganzen Schrift giebt auch Auskunft, warum er die Maschine so kurz beschreibt; er that es absichtlich, weil er sie später ausführlich beschreiben wollte, weil er, wie wir aus andern Quellen wissen, sie für sich nutzbar machen wollte, um seinen zerrütteten Vermögensumständen dadurch wieder aufzuhelfen. In der That weiß man, daß er sich im J. 1663 um ein Patent für seine Erfindung bewarb, und daß er auch in demselben Jahr ein solches vom Parlament erhielt, und zwar ein ungemein exklusives. Es wurde ihm und seinen Erben auf 90 Jahre garantirt und enthielt u. A. die Bestimmung, daß der, welcher Worcester's Maschine ohne dessen Erlaubniß nachmache und gebrauche, eine Strafe von 5 Lstrl. für jede Stunde verwirkt habe!

Die Eingabe, die er dieses Patents wegen beim Parlament machte, ist ein zweiter Beweis, daß er seine Maschine wirklich ausgeführt hat. In dieser Eingabe sagt er u. A., daß er über 10 000 Lstrl. geopfert habe, um die Maschine bis zum praktischen Gebrauch zu vervollkommen. Für uns hat es noch besonderes Interesse daraus zu erfahren, daß er in seinen Bemühungen unterstützt ward durch einen Mann, der nach seinem Namen zu urtheilen und nach der Aeußerung, daß er, wenn er keine Hülfe bekäme, für das Königreich verloren ginge, offenbar ein

Deutscher war. Er hieß **Kaspar Kalthoff** (Kaltoff), war 35 Jahr in **Worcester's** Diensten, und wie dieser sagt, ein unvergleichlicher Arbeiter (Workman).

Einen ferneren Beweis, daß **Worcester** seine Ideen nicht im Pulte liegen ließ, liefert ein Aktenstück, das uns einen Begriff giebt, wie sehr die Phantasie dieses Mannes von der Wichtigkeit seiner Erfindung erfüllt war, obwohl er sicher keine Ahnung davon hatte, wohin dieselbe dereinst noch führen würde. Dies Aktenstück ist ein Gebet, welches man nach seinem Tode unter seinen Papieren gefunden hat. Es ist überschrieben:

Des Lord Marquis von Worcester Dankgebet, als er zuerst mit seinen leiblichen Augen einen gelungenen Versuch mit seiner Wasserhebemaschine ausführen sah.

Der Anfang dieses Gebetes lautet so:

O unendlicher, allmächtiger Gott, dessen Barmherzigkeit bodenlos und dessen Wissen unermesslich und unerschöpflich ist, nächst meiner Erschaffung und Erlösung sage ich Dir aus dem tiefsten Grunde meines Herzens den demüthigsten Dank dafür, daß Du mir verstattet hast eine Einsicht in ein so großes und allen Menschen so wohlthätiges Geheimniß der Natur wie meine Wasserhebemaschine.

Lasse nicht zu, o Herr, daß ich aufgeblasen werde durch die Kenntniß von ihr und vielen seltneren und unerhörten, ja unvergleichlichen Erfindungen, Vorrichtungen und Versuchen, sondern dämpfe mein eitles Herz durch die wahre Erkenntniß meiner eigenen unwissenden, schwachen und unwürdigen Natur, die zu allem Bösen geneigt ist, u. s. w.

Diese Begeisterung für die Wichtigkeit der Maschine theilte auch des Marquis Gemahlin (gest. 1681) und war in ihr so groß, daß ein römischer Priester, der vermuthlich Beichtvaterstelle bei ihr vertrat, ihr vorzustellen für nöthig fand, daß sich das für eine Frau nicht schicke. In der auf uns gekommenen Strafpredigt, die er ihr deswegen gehalten, findet sich auch eine Stelle, woraus erhellt, daß damals eine von **Worcester** konstruirte Dampfmaschine in Thätigkeit war.

Das letzte und direkteste Dokument dafür, daß Worcester's Maschine wirklich ausgeführt war, haben wir erst neuerdings und aus einer ganz anderen Quelle erhalten. Wie ich früher erwähnte hat Cosimo, der Sohn des Großherzogs Ferdinand II. von Toskana, noch als Kronprinz in Begleitung von Magalotti eine Reise in die nördlichen Länder, namentlich nach England, gemacht. Ueber diese Reise, die den Saggi (neue Aufl. p. 121) zufolge nach dem J. 1667 unternommen ward, ist ein ausführliches Tagebuch geführt, welches bisher den Ausländern unbekannt in der großherzoglichen Bibliothek zu Florenz aufbewahrt worden ist. Glücklicherweise hat ein Engländer Kunde von diesem Tagebuch erhalten, und daraus dasjenige, was sich auf England bezieht, im J. 1818 durch den Druck bekannt gemacht; es füllt einen Quartband.

In dieser Uebersetzung heist es nun unter dem 28. Mai 1699 (ob 1669?): *Damit Seine Hoheit den Tag nicht nutzlos verbrächten, besuchten Sie nach Tische die andere Seite der Stadt (London), und dehnten Ihre Ekursion bis Vauxhall jenseits des Palastes des Erzbischofs von Canterbury aus, um eine von Lord Somerset Marquis von Worcester erfundene hydraulische Maschine zu besuchen. Sie hebt Wasser 40 geometr. Fufs hoch durch die Kraft eines einzigen Mannes, und in einer sehr kurzen Zeit werden durch ein Rohr von nicht mehr als einer Spanne Weite vier Gefäße mit Wasser gefüllt. Deshalb hält man dafür, sie sei für das Publikum nützlicher als eine andere Maschine bei Somersethouse (von welcher später gesagt ist, sie werde durch zwei Pferde bewegt).*

Hier haben wir also das Zeugniß eines Augenzeugen, und damit ist denn wohl jeder Argwohn, daß Worcester's Maschine nur Projekt geblieben ist, vollständig widerlegt.

Von der Einrichtung dieser Maschine wissen wir leider nichts gewisses, da sie nie beschrieben ist. Aus den Andeutungen, die Worcester giebt, leuchtet indeß hervor, daß sie noch sehr unvollkommen war, daß namentlich der Dampf darin noch nicht auf einen beweglichen Stem-

pel, sondern direkt auf das Wasser wirkte, und daß die nothwendige Bewegung der Hähne durch die Hand eines Menschen vollzogen wurde, der also beständig neben der Maschine vorhanden sein mußte.

Man glaubt, daß die Maschine einen Dampfkessel hatte, aus welchem der Dampf durch zwei Röhren fortgeleitet wurde. Jede derselben mündete in den Deckel eines rings geschlossenen, mit Wasser angefüllten, cylindrischen Gefäßes, durch dessen Decke außerdem noch eine Steigeröhre ging, deren unteres Ende bis nahe zum Boden des Gefäßes reichte. In den beiden Dampfrohren befanden sich Hähne, nach deren Oeffnung der Dampf in den Wasserbehälter drang und das Wasser in die Steigeröhren hinaufpresste. Es wurde immer nur ein Hahn geöffnet, so daß der Dampf nur in dem einen Gefäß das Wasser hob, während er durch den zweiten Hahn vom anderen Gefäß abgesperrt blieb, das inzwischen wieder gefüllt ward. Hieraus ist ersichtlich, wie durch das abwechselnde Füllen und Entleeren der beiden Gefäße ein ununterbrochenes Heben des Wassers beliebig lange fortgesetzt werden kann.

231. Die zweite Person, die für gewöhnlich in der früheren Geschichte der Dampfmaschine genannt wird, ist der Ritter **Samuel Moreland**, dessen ich schon bei Gelegenheit des Sprachrohrs und des schiefen Barometers erwähnt habe (§ 183).

Dieser **Samuel Moreland**, auch **Morland**, war der Sohn eines Geistlichen und 1625 zu Sulhamstead in Berkshire geboren. Er studirte Mathematik in Cambridge, nahm Theil an den bürgerlichen Unruhen, und stieg schnell in die Höhe. Er erfreute sich der Gunst von **Cromwell**, der ihn zu verschiedenen politischen Missionen gebrauchte, namentlich nach Vertreibung der Waldenser an den Herzog von Savoyen, bei welcher Gelegenheit er längere Zeit in Genus verweilte. Als er nach Rückkehr in England von einer Verschwörung gegen das Leben Karl's II. hörte, schlug ihm das Gewissen, er ging nach Breda und ver-

rieth dem König das Komplott. Dies war die Ursache, daß er, nachdem Karl II. wieder auf den Thron gelangt war, eine große Rolle spielte, auch 1660 zum Baron erhoben ward.

Der König war nicht bloß, wie er seines Temperaments wegen genannt ward, ein lustiger Monarch, sondern auch ein Liebhaber der Mathematik, Mechanik, Naturgeschichte und Chemie, und ließ in St. James-Park ein Gebäude aufführen, um Experimente und Operationen anzustellen. Robert Moray, der schon bei den Glashütten genannt ist (§ 182), und ein sehr thätiges Mitglied der Royal Society war, bekam die Aufsicht über das königl. Laboratorium, und Sam. Moreland ward als Master of mechanics dabei angestellt. 1675 errichtete er in Windsor eine Wasserhebemaschine, die das Wasser aus der Themse bis an die Spitze des königl. Schlosses und noch 60 Fuß höher in einem zusammenhängenden Strahl hob, und 60 Barrels (1 Barrel = 36 Gallons = 36×254 preuss. Kubikzoll) in der Stunde lieferte, doch war dies keine Dampfmaschine.

Im J. 1681 ging Moreland im Auftrage seines Monarchen nach Frankreich um die prächtigen von Rannequin erbauten Wasserkünste zu Marly zu besichtigen. Es wird gesagt, er soll bei dieser Gelegenheit dem König von Frankreich eine Methode vorgelegt haben, Wasser durch Feuer zu heben, doch weiß man nichts Näheres darüber. Auch das Buch, welches Moreland im J. 1685 zu Paris herausgab: *Élévation des eaux par toute sorte de machines*, enthält nichts darüber, außer daß bei Aufzählung der bewegenden Kräfte auch das gewöhnliche Feuer und das Schießpulver genannt werden.

Unter gleichem Titel befindet sich im britischen Museum ein Manuskript, von dem man glaubt, es sei dasjenige, welches Moreland dem König von Frankreich überreichte. Es besteht aus zwei sehr ungleichen Theilen. Der erste ist sehr prachtvoll mit goldenen oder buntfarbigen Lettern und goldenem Schnitt; er enthält aber nichts vom Dampf, und kommt im Wesentlichen mit der gedruck-

ten Schrift überein. Der zweite dagegen ist höchst nachlässig und ohne alle Verzierung geschrieben. In diesem wird nun allerdings vom Dampf gesprochen und unter Anderm merkwürdigerweise gesagt, daß das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf einen etwa 2000mal größeren Raum einnehme. Aber was er nun weiter vom Dampf sagt, daß er sich, wenn man es recht verstehe, so leicht wie ein Pferd regieren lasse, erinnert so sehr an ähnliche Ausdrücke des Marquis v. Worcester in seiner Century, daß man nicht anstehen kann zu glauben, es sei aus dieser Schrift, die 22 Jahre früher erschien, genommen. Kurz, wenn man die Ansprüche Moreland's auf die Erfindung der Dampfmaschine näher untersucht, so findet man, daß sie alle in nichts zerrinnen.

Moreland starb 1695 zu Hammersmith bei London, nachdem er noch kurz zuvor auf seine Kosten einen öffentlichen Brunnen neben seinem Hause hatte errichten lassen mit der Inschrift: Keiner, der nach ihm komme, werde so gottlos sein einem Fremden, Nachbarn, Wanderer oder Bettler daraus einen Trunk kalten Wassers zu versagen. — Dennoch ist der Brunnen im Lauf der Zeit spurlos verschwunden!

232. Wenn man weiß, daß Worcester seine Erfindung in dem großen London zur Vollendung brachte, wenn man bedenkt, wie begeistert er von der Wichtigkeit derselben war, wie er demnach mannichfache Gelegenheit hatte und gewiß keine versäumte, einsichtsvolle und vermögende Männer für seine Erfindung zu gewinnen, so muß es sicher höchst auffallend erscheinen, daß sie doch von den Zeitgenossen so kalt und gleichgültig aufgenommen wurde. Das ist nun freilich das Schicksal mancher neuen Erfindung gewesen, zumal, wenn sie nicht einigermaßen im Großen ausgeführt ward. Aber mit Worcester's Maschine war dies nicht der Fall; Jedermann konnte sie in London sehen, und deshalb muß man sich mit Recht wundern, daß damals auch nicht einer seiner Landsleute seine Stimme darüber vernehmen ließ, und selbst in den

Verhandlungen der londoner Gesellschaft, die doch sonst von allen beachtenswerthen Erscheinungen Notiz nahm, auch nicht eine Sylbe darüber zu finden ist.

Was die Ursache hiervon war, ist jetzt schwer zu sagen. Vielleicht lag es in der Persönlichkeit des Marquis, die wenig Zutrauen einflößen mochte; vielleicht in der Ausschließlichkeit seines Patents und in den hohen Preisen, die er forderte; vielleicht in der Unvollkommenheit der Maschine, die weit hinter den angepriesenen Leistungen zurückblieb; vielleicht auch, ja man kann wohl sagen ohne Zweifel, in dem Mangel von Arbeitern, die im Stande waren die Maschine leidlich auszuführen. Kurz das Faktum ist, daß Worcester's Erfindung mit seinem Tode so gut wie in Vergessenheit gerieth, ungeachtet es andere Personen nicht an Bemühungen fehlen ließen die Dampfkraft nutzbar zu machen.

Unter diesen hätte ich der Zeitfolge nach zunächst von Papin zu reden, indess da seine Ideen keinen Einfluss hatten auf die Konstruktion der demnächst im Großen ausgeführten Dampfmaschinen, so will ich ihn einstweilen übergehen und erst den Mann betrachten, dem trotz aller Anfeindungen das Verdienst bleibt, dies mächtige Werkzeug zuerst ins Leben eingeführt zu haben. Dies ist

Thomas Savery. Er wird gewöhnlich mit dem Titel Kapitän belegt, und von Einigen für einen ehemaligen Schiffskapitän ausgegeben. Allein er selbst sagt gelegentlich in einer Schrift, daß er keine Erfahrung im Seewesen habe. Viel mehr hat die Angabe für sich, daß er Grubenbesitzer oder Bergoffiziant in Cornwall war, und als solcher den Kapitänstitel führte. Ueberhaupt weiß man über seine Lebensumstände so gut wie nichts, aber allem Anschein nach war er ein angesehener und vermögender Mann, und daß es ihm nicht an dem unter Engländern so häufigen mechanischen Talent fehlte, das beweist außer seiner Dampfmaschine eine Vorrichtung die Geschwindigkeit der Schiffe zu messen, eine Art Hodometer, über welche Newton im J. 1718 einen vortheilhaften Bericht erstattete, sowie

auch eine neue Art von Raderschiffen, die er 1693 beschrieb in: *Navigation improved or the art of rowing ships, London 1693.*

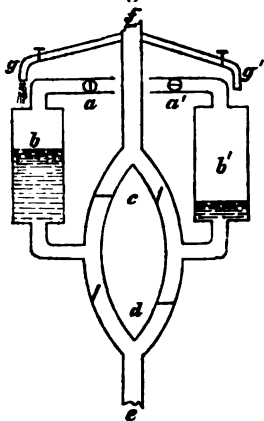
Mit seiner Dampfmaschine trat Savery im J. 1698 hervor, in welchem Jahr er ein Patent auf dieselbe nahm, welches vom 25. Juli 1698 datirt ist. Ein Jahr darauf im Juni 1699 zeigte er ein Modell davon in der königl. Gesellschaft zu London vor, welche dasselbe auch in ihren Transactions von 1699 hat beschreiben und abbilden lassen. Er selbst gab über die Einrichtung und den Nutzen der Maschine eine Schrift heraus, *The miner's friend*, welche 1702 zuerst erschien; nach Andern soll dies schon 1696 geschehen sein, doch ist es nicht wahrscheinlich, daß er die Beschreibung bereits vor dem Patent veröffentlichte. Die Schrift war dem König Wilhelm dedicirt, vor dem Savery im Hampton Court ein Modell seiner Maschine hatte spielen lassen.

Im Wesentlichen war die Maschine so eingerichtet, wie allem Anschein nach Worcester's Maschine gewesen ist. Der Dampf drückte unmittelbar auf das Wasser, und die Hähne wurden durch Menschenhand bewegt; neu war hingegen daran, daß die Kondensation des Dampfes in den Gefäßen durch kaltes von außen auf dieselben geleitetes Wasser bewirkt, und durch zweckmäßig angebrachte Ventile das zu hebende Wasser von der Maschine selbst aufgesogen wurde. Sie war daher eine Kombination von Saug- und Druckpumpe, wogegen, wie es scheint, bei Worcester nur eine Druckpumpe vorhanden war, indem die Gefäße oder Cylinder tiefer lagen als der Wasserbehälter, aus dem sie sich füllten, denn er sagt in seinem § 68: das Wasser würde nicht gesogen oder gezogen.

Eine Vorstellung von der Einrichtung und Wirkungsweise der Maschine Savery's giebt Fig. 24. Hierin sind a und a' die aus dem nicht gezeichneten Dampfkessel kommenden Dampfrohren mit den für die Weiterleitung oder Absperrung des Dampfes erforderlichen Hähnen. b und b' sind Gefäße (Cylinder), die sich abwechselnd mit Dampf

oder Wasser füllen, was durch die in den Zweigröhren bei *c* und *d* befindlichen Ventile ermöglicht wird, welche sämt-

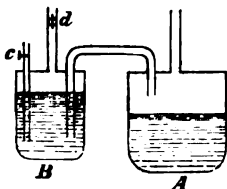
Fig. 24.



lich nur nach oben sich öffnen. Das Rohr *e* mündet unten im Wasserbehälter, das Steigerohr *f* führt das gehobene Wasser seiner Bestimmung zu, und *gg'* lassen das Kühlwasser auf die Gefäße *bb'* fallen.

Die Figur stellt den Fall dar, wo *b'* als Druckpumpe, *b* als Saugpumpe wirkt. Durch den geöffneten Hahn in *a'* strömt der Dampf in *b'* und preßt das darin befindliche Wasser in das Steigerohr *f*; gleichzeitig ist der Hahn in *a* geschlossen. Durch das aus *g* kommende kalte Wasser wird der in *b* vorhandene Dampf niedergeschlagen, wodurch in *b* ein luftverdünnter Raum entsteht, in welchen das Wasser aus dem Reservoir durch *e* eindringt. Wird nun *a* geöffnet und *a'* geschlossen, so wiederholt sich derselbe Vorgang, nur wird jetzt in *b* der Druck und in *b'* das Saugen vollzogen u. s. w.

Fig. 25.



Außerdem hatte Savery eine sinnreiche Vorrichtung erdacht den Dampfkessel ohne Abkühlung zu füllen. Er hatte einen Hilfsdampfkessel *B* (Fig. 25), in welchem er Wasser erhitze und nach Schließung des Hahnes *d* in den Hauptkessel *A* drückte. Das Rohr *c* lief, je nachdem bei seiner Oeffnung Wasser oder Dampf aus ihm kam, erkennen, ob *B* entleert sei.

Obwohl sich, wie man sieht, Savery's Maschine in einigen Punkten von der Worcester'schen unterschied, so war sie doch in der Hauptsache dieser ähnlich, und im Grunde nicht viel vollkommener als sie. Dies hat den Glauben erregt Savery's Maschine sei im Wesentlichen die

Worcester'sche, über deren Einrichtung wir nur mehr oder weniger wahrscheinliche Vermuthungen aussprechen können. Desaguliers, ein ausgezeichnetes Mitglied der londoner Gesellschaft, das sich auch um die Vervollkommnung der Dampfmaschine verdient gemacht hat, behauptete gradezu, daß Savery seine Maschine aus Worcester's Century of inventions entlehnt habe. Er sagt sogar, Savery habe, um sein Plagiat besser verbergen zu können, alle Exemplare der Worcester'schen Schrift, die er nur habe auftreiben können, aufgekauft, und in Gegenwart eines Freundes, von dem es eben Desaguliers erfuhr, verbrannt.

Die Erzählung ist aber nicht durch andere Zeitgenossen beglaubigt, obwohl sie grade nicht durch das entkräftet wird, was Savery als die Veranlassung angiebt, die ihn auf seine Maschine geleitet habe. Er sagt nämlich, daß er zufällig darauf gekommen wäre, als er in einem Wirthshause eine Flasche Wein getrunken und sie an den Ofen gestellt habe. Da hätte sie sich ganz mit Dampf gefüllt, und als er sich nun habe Wasser zum Waschen geben lassen, und er den Hals der Flasche in dasselbe gesteckt habe, sei das Wasser in die Flasche gestiegen, und habe sie gefüllt. Desaguliers meint, Savery habe diese Geschichte nur erfunden, um Leichtgläubige zu überreden, er sei aus sich auf die Erfindung gekommen.

Andere geben an, Savery sei beim Reinigen einer Tabackspfeife auf die Idee der Dampfmaschine geleitet. Er hätte nämlich Wasser in dieselbe gebracht und sie erhitzt, wo er denn sah, daß der Dampf das Wasser mit großer Heftigkeit hinaustrieb¹⁾. Was an diesen Sachen Wahres ist, läßt sich jetzt wohl nicht entscheiden. Möglich, ja wahrscheinlich ist es, daß Savery die Worcester'sche Schrift gekannt habe. Es ist daher nicht unglaublich, daß ihn diese, wenn auch nicht auf den ersten Gedanken gebracht, doch später geleitet habe. Immer bleibt ihm das

¹⁾ Switzer, Introduction to a general System of Hydrostatics 1729
R. Stuart, Historical and descriptive anecdotes etc. I, p. 123.

Verdienst die vergessene Maschine wieder in's Leben gerufen zu haben, und die von ihm daran angebrachten Abänderungen müssen doch wohl für hinreichend neu gehalten worden sein, denn sonst hätte man ihm doch schwerlich ein Patent darauf ertheilt, wenn auch das Patent von Worcester mit dem 1681 erfolgten Tode seiner Gemahlin erloschen gewesen sein mag.

Savery führte auch seine Maschine im Großen aus. Eine ihrer ersten Anwendungen bestand darin Wasser zu heben auf ein Schaufelrad, das dadurch in Bewegung gesetzt ward. Ein anderes Mittel durch Dampfkraft eine rotirende Bewegung hervorzubringen konnte man damals noch nicht.

233. Während Savery mit der Konstruktion seiner Maschine umging und zum Theil noch früher, war Papin andererseits eifrig bemüht die Kraft des Dampfes nutzbar zu machen. Eine der ersten Früchte davon war die nützliche Vorrichtung, die jetzt allgemein der papinsche oder papinianische Topf heisst, worin der Druck und die Temperatur des im verschlossenen Gefäße erhitzten Wassers zum Erweichen organischer Substanzen benutzt wird. Papin beschrieb ihn in *A new digestor or engine for softing bones, London 1681*, dem sechs Jahr darauf ein Nachtrag folgte: *Continuation of the new digestor, Lond. 1687*.

Diese Vorrichtung, wie sie 1681 beschrieben ward¹⁾, ist schon in sofern bemerkenswerth, als dabei ein Sicherheitsventil d. h. ein Ventil mittelst Hebel durch ein Gewicht belastet, angebracht ist, was weder Worcester noch Savery, wenigstens anfangs, bei ihren Maschinen hatten. Papin lebte damals in London und sein Digestor wurde dem König Karl II. bekannt, welcher ein Exemplar desselben für sein Laboratorium anfertigen liess. Bei diesem Digestor hatte Papin ausser dem Sicherheitsventil noch eine Vorrichtung angebracht, um das Springen des Gefäßes zu verhüten. Der Deckel hatte eine kleine Vertiefung. In

¹⁾ Acta Erudit. 1682, p. 105.

diese brachte er einen Tropfen Wasser, und beobachtete an einem Sekundenpendel, welches ganz einfach aus einem Faden mit Gewicht bestand, die zu seinem Verdampfen erforderliche Zeit. Fünf Sekunden entsprachen der Hitze von 10 Atmosphären. Er bemerkt dabei, daß die Vertiefung rein sein müsse; etwas Fett verzögere die Verdampfung beträchtlich!

Auf die Idee, den Wasserdampf und die Luft als bewegende Kraft zu benutzen, kam Papin ohne Zweifel durch die Luftpumpe, mit welcher er sich schon sehr früh beschäftigte, wie seine *Nouvelles expériences du vide*, Paris 1674 bezeugen, und welche er später, wie ich erwähnte, durch die Erfindung des Tellers bedeutend vervollkommnete (§ 205).

Es ist eine bis auf den heutigen Tag vielfach bestätigte Erfahrung, daß der Weg, welchen ein Physiker bei seinen Untersuchungen einschlägt, sehr wesentlich davon abhängt, von welcher Seite her er, vielleicht zufällig, zuerst den Gegenstand angreift (§ 219). So auch bei Papin. Indem er von der Luftpumpe, bei welcher ja der Stempel ein Hauptbestandtheil ist, zu der Luft- oder Dampfmaschine überging, suchte Papin immer den Stempel beizubehalten, und solchergestalt seine Maschine gleichsam zu einer umgekehrten Luftpumpe zu machen, was denn auch in der That alle unsere heutigen Maschinen der Art sind, in sofern in ihnen durch Verdünnung oder Verdichtung von Gasen ein Stempel bewegt, und dadurch mechanische Kraft erzeugt wird, während man bei der Luftpumpe durch mechanische Kraft einen Stempel bewegt, und dadurch Gase verdünnt oder verdichtet.

Indem Papin diese Richtung nahm, schlug er gewiß den richtigen Weg ein, aber leider vermochte er nicht die Schwierigkeiten zu beseitigen, die sich ihm darstellten. Arago's Behauptung, daß Papin wegen der Anwendung des Stempels als eigentlicher Erfinder der Dampfmaschine betrachtet werden müsse, ist durchaus ungegründet, wenn gleich man zugeben kann, daß die Vorschläge und Ideen

dieses erfinderischen Mannes andere auf die richtige Benutzung des Stempels geleitet haben.

Papin ersann mehrere Maschinen, die den Zweck hatten Wasser oder auch andere Gegenstände aus Gruben zu heben. Sie zeigen manche sinnreiche Einrichtung aber auch erhebliche Mängel, so daß sie nur Vorschläge blieben und allein in den Beschreibungen existiren¹⁾; was aber besonders bemerkt werden muß, ist der Umstand, daß nicht Dampf, sondern die Elasticität verdichteter Luft die bewegende Kraft in allen diesen Maschinen war. Daher ist es denn auch wohl völlig gerechtfertigt, daß die verschiedenen projektirten Konstruktionen hier nicht weiter zur Erörterung kommen, doch verdient die Einführung eines doppelt durchbohrten Hahnes bei einer dieser Maschinen erwähnt zu werden, da sie bei der Dampfmaschine später eine große Bedeutung erlangt hat. Sollte Papin diese Hähne wirklich erdacht haben, wie Arago meint, was ja möglich ist, so hat Papin sie doch nicht zuerst erfunden, denn sie sind, wie früher angegeben (§ 205) von Wolford Senguerd zu Leyden schon 1685 beschrieben, obwohl erst 1697 zur Luftpumpe benutzt. Papin veröffentlichte seine Vorschläge später noch in einer besonderen Schrift, welche den Titel führte: *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines et autres sujets philosophiques, Cassel 1695.*

Näher der Dampfmaschine kommt ein anderer Vorschlag, den Papin ebenfalls 1688 bekannt machte.²⁾ Danach wollte er die Kraft des Schießpulvers benutzen und zwar auf die Weise, daß er mittelst desselben unter dem Kolben eines Stiefels ein Vakuum hervorzubringen trachtete. In dieser Anwendungsweise des Schießpulvers liegt nur das Neue in dem Zweck, den Papin damit erreichen wollte, nämlich in der Schaffung eines leeren Raumes; denn sonst

¹⁾ Philosoph. Transact. 1685, p. 1093, 1274; Acta Erudit. 1688, p. 644.

²⁾ Acta Erudit. 1688, p. 497.

hatte man schon vor ihm das Schießpulver zu Maschinen benutzen wollen. So z. B. ein gewisser **Hautefeuille** 1678, und der berühmte **Huyghens** 1680, nur wollten beide den Stempel heben durch die Kraft des Pulvers!

Im J. 1690 trat **Papin** wiederum mit einem Vorschlag auf, und zwar diesmal mit dem Vorschlag die Dampfkraft zu benutzen; er beschrieb ihn in den *Actis Eruditorum*.¹⁾ Seine Idee hierbei war folgende: Er gießt etwas Wasser in den Cylinder, drückt den Stempel darin nieder, der eine verschließbare Röhre zur Entfernung der Luft hat; nun bringt er den Cylinder über Feuer. Das Wasser verwandelt sich in Dampf, und dieser hebt den Stempel so weit, bis eine Feder in die Seitennute der Kolbenstange einspringt. Alsdann entfernt er das Feuer, der Cylinder erkaltet, der Dampf verdichtet sich, und sowie die Feder zurückgezogen wird, geht der Stempel rasch herunter. — Das ist nun die Vorrichtung, auf Grund welcher **Arago** den **Papin** als Erfinder der eigentlichen Dampfmaschine ansieht! Allerdings liegt darin das Princip der heutigen Dampfmaschine, aber doch immer nur ein Embryo, und wenn man bedenkt, daß **Papin** durchaus keinen Versuch machte seine Idee irgend wie im Großen auszuführen, so muß gewiß die Behauptung von **Arago** als höchst unbegründet erscheinen.

Selbst in diesem Vorschlag scheint **Papin** einen Vorgänger gehabt zu haben, und es ist merkwürdig, daß **Arago** desselben nicht erwähnt, da dieser doch so gut wie **Papin** sein Landsmann war, nämlich der bereits oben genannte **Jean de Hautefeuille**. Er war der Sohn eines Bäckers zu Orleans, ward 1647 daselbst geboren und starb auch dort 1724; einer der ausgezeichnetsten Mechaniker seiner Zeit. In den Schriften: *Pendule perpétuelle avec la manière d'élever l'eau par la poudre à canon*, Paris 1678 und *Réflexions sur quelques machines à élever les eaux*, Paris 1682 spricht er von Anwendung des Wassers und auch sogar des Wein-

¹⁾ Acta Erudit. 1690, p. 410.

geistes in solcher Weise, daß die Flüssigkeit abwechselnd verdampfen und sich verdichten sollte! ¹⁾

In dem genannten Recueil von 1695 hat **Papin** den obigen Vorschlag weiter ausgeführt, und mit einigen sinnreichen Ideen vervollkommenet. So beschreibt er dort zur Heizung des Cylinders einen Ofen mit niederwärts gehender Feuerung, und macht darin auch den Vorschlag die Dampfkraft zur Bewegung von Schiffen anzuwenden, weshalb ihn auch **Arago** als Erfinder der Dampfschiffe ansieht! Um die auf- und abgehende Bewegung des Stempels in eine rotirende zu verwandeln, versah **Papin** die Kolbenstange mit einer Zahnung, die in ein gezahntes Rad eingriff, auch erforderte die Continuität der Bewegung mehrere solcher Dampfzylinder und eine Auslösung des Räderwerks. **Papin** kam auf diese Anwendung des Dampfes durch ein Räderboot, welches für den Prinzen Ruprecht auf der Themse erbaut war, und alle Ruderboote hinter sich liefs.

Das bisher Mitgetheilte enthält alle Data, kraft deren **Arago** sich für berechtigt hält²⁾, **Papin** die Erfindung der eigentlichen Dampfmaschine, d. h. derjenigen, worin der Dampf auf einen beweglichen Stempel wirkt, zuzusprechen. Wie schon gesagt, ich kann diese Behauptung durchaus nicht für begründet halten, und stimmen darin auch die englischen Schriftsteller überein, die späterhin den Gegenstand behandelt haben, aber wie nicht mehr als billig ist, **Papin** wegen seiner sinnreichen Vorschläge alle Gerechtigkeit widerfahren lassen.

Wie wenig indels **Papin** auch direkt mit seinen Ideen ausrichtete, so haben sie doch aller Wahrscheinlichkeit nach einigen Antheil an der nächsten Vervollkommenung der Dampfmaschine gehabt. Die Gelehrten kümmerten sich wenig um sie, und namentlich die Mitglieder der Royal Society, die überhaupt in den ersten 30 Jahren eine merkwürdige Gleichgültigkeit gegen alles, was die Dampfma-

¹⁾ R. Stuart, Hist. and descript. anecdotes etc. I, p. 70, 94.

²⁾ Annuaire 1829 und 1837.

schine betrifft, an den Tag legten, hatten offenbar nur eine geringe Meinung von derselben.

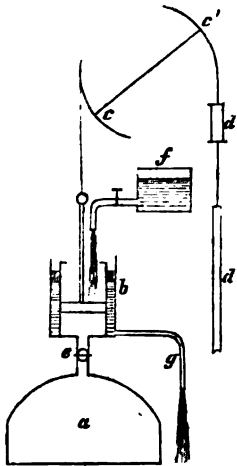
234. Der nächste Anstoß kam diesmal von einem Paar Männer, die dem schlichten Bürgerstande angehörten, von Thomas Newcomen einem Eisenhändler und John Cawley einem Glaser, beide Einwohner der Stadt Dartmouth und der Sekte der Wiedertäufer angehörig. Sonst wissen wir von dem Leben dieser beiden verdienstvollen Männer, ihrem Geburts- und Todesjahr nicht das Geringste. Sie machten im Stillen viele Versuche über die Anwendung des Dampfes als bewegende Kraft, und kannten Papin's Vorschlag denselben auf einen Stempel wirken zu lassen. Es geht dies hervor aus einem Brief vom Dr. Hooke an Newcomen, den man in dem Nachlaß des ersteren gefunden hat, worin dieser dem Newcomen abräth, noch länger Zeit und Mühe in der Verfolgung des Plans von Papin zu verschwenden. Merkwürdig als Beweis von Hooke's geringer Kenntniß der Eigenschaften des Dampfes ist der Schluß des Briefes: *Könnten Sie unter Ihrem Stempel rasch ein Vakuum hervorbringen, so wäre Ihr Werk gelungen.* — Bei Papin wurde das Vakuum allerdings nicht rasch, sondern sehr langsam zu Wege gebracht.

Die eifrigen Männer ließen sich indeß durch das Urtheil von Hooke, trotz seiner hohen Autorität in mechanischen Dingen, nicht irre machen, sie setzten vielmehr ihr Unternehmen muthig fort, und sahen sich endlich mit solchem Erfolg gekrönt, daß sie ein Patent auf ihre Erfindung zu nehmen wagen konnten. Allein das Patent von Savery stand ihnen im Wege, da diesem die Methode ein schnelles Vakuum durch Kondensation des Dampfes hervorzubringen als sein Eigenthum verbrieft war. Sie einigten sich daher mit ihm, und nahmen ihn als Theilnehmer an dem möglichen Gewinn ihrer Spekulation auf. So wurde denn ihnen drei, Newcomen, Cawley und Savery gemeinschaftlich, im J. 1705 ein Patent auf die verbesserte Dampfmaschine ertheilt, ohne daß, wie es scheint, Savery weder vorher noch nachher irgend einen Antheil an den

Verbesserungen hatte. Es wird übrigens auch angegeben, daß Newcomen und Cawley ihre Maschine schon früher sollen erfunden haben als Savery die seinige; allein weil dieser dem Hofe näher stand als sie, sei es ihm auch eher gelungen ein Patent zu erlangen als diesen.¹⁾

Die in Folge dieses Patents konstruirte Maschine ist die erste, die man in Wahrheit eine Dampfmaschine nennen kann. Sie gehört zur Klasse derjenigen, die man heut atmosphärische nennt, indem sie eigentlich nur vermöge des Drucks der Atmosphäre wirksam ist. Sie hatte den Stempel gemein mit Papin's Modell oder Vorschlag, aber in der Benutzung dieses Stempels wich sie wesentlich ab. Denn während Papin den Stempel durch den unter ihm gebildeten Dampf heben, und nachgehends durch Kondensation des Dampfes den Stempel senken, also beide Bewegungen, die auf- und die herabgehende, durch Dampfkraft herstellen wollte, beabsichtigten Newcomen und Cawley nur die letztere durch Dampf hervorzubringen. Die aufsteigende Bewegung des Stempels bewirkten sie durch ein

Fig. 26.



Gegengewicht, welches mittelst eines Hebels oder Balanciers, der hier auch zuerst gebraucht wurde, den Stempel an einer Kette in die Höhe zog, und damit dies immer senkrecht geschähe, hatten sie den Balancier an den Enden mit einem Bogenstück versehen, über welches sich die Kette legte.

Die Anordnung des Ganzen wird versinnlicht durch Fig. 26; darin bezeichnet *a* den Dampfessel, *b* den Cylinder mit dem Stempel, *cc'* den Balancier mit den Bogen an seinen Enden. Das Gegengewicht *d* wird gebildet durch die Last der Kolbenstange für die Wasserpumpe, welche

¹⁾ Switzer, Hydrostatics II, p. 216.

durch die Maschine bewegt werden sollte. Diese Kolbenstange wirkte auf das Ende c' des Balanciers, und war noch besonders beschwert durch d' , um dazu das gehörige Gewicht zu haben. Der Dampf wurde nicht in dem Cylinder, sondern in dem darunter befindlichen Kessel a entwickelt, der mit dem Cylinder durch eine bei e verschließbare Röhre verbunden war.

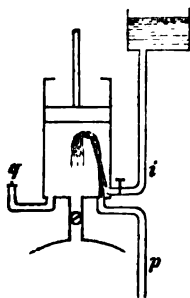
Sobald der Stempel in die Höhe gehen sollte, wurde der Hahn e geöffnet, es trat Dampf unter den Stempel und verhinderte die Bildung eines Vakuums unter demselben, so daß nun das Gegengewicht d, d' im Stande war, den Stempel in die Höhe zu ziehen. War der Stempel oben angelangt, so wurde der Dampfahh e verschlossen, und es handelte sich nun darum, den Dampf zu kondensiren, damit der Druck der Atmosphäre im Stande sei, den Stempel herabzudrücken, und somit die Pumpenstange am andern Ende des Balanciers c' zu heben.

Es war dazu nöthig, den Dampfeylinder abzukühlen. Papin entfernte zu dem Ende das Feuer unter seinem Cylinder, gewiß ein sehr unvollkommenes Mittel, da dies nur eine sehr langsame Erkaltung zu Wege bringen konnte. Savery wandte, obwohl er noch keinen Stempel benutzte, ein viel wirksameres Mittel an, indem er kaltes Wasser auf seine Cylinder fließen ließ. Aehnlich machten es Newcomen und Cawley. Sie ließen aus einem Gefäß f , das durch die Pumpe gespeist wurde, kaltes Wasser auf den Stempel fließen, welches, wenn der Stempel bis oben gestiegen war, in eine Umhüllung des Cylinders trat, und unten durch eine Röhre g abfloß. Die Bedeckung des Stempels mit einer Wasserschicht hatte überdies noch den Nutzen ihn luftdichter schließend zu machen, denn man kannte damals kein anderes Mittel der Liederung als Hanf oder Werg, die Zweckmäßigkeit des Leders hierzu lernte man erst zufällig im J. 1713 kennen ¹⁾.

¹⁾ Desaguliers, Experimental Philosophy II, p. 333.

Bei dieser Einrichtung machten Newcomen und Cawley einst die Beobachtung, daß eine ihrer Maschinen viel rascher arbeitete als die anderen, und als sie dies näher untersuchten, fand sich, daß der Stempel dieser Maschine nicht dicht geschlossen, sondern etwas von dem kalten Wasser durchgelassen hatte, welches in den Dampfraum geträufelt war. Dieser Zufall ward Veranlassung zu einer wesentlichen Verbesserung. Newcomen und Cawley erkannten, daß der Dampf viel rascher kondensirt werde, wenn man das kalte Wasser direkt mit ihm in Berührung bringe, und sogleich stellten sie eine Vorrichtung her, wodurch dies auf eine zweckmäßige Art bewirkt wurde. Sie erfanden die Einspritzung! (s. Rohr *i* Fig. 27.) Das war ein wesent-

Fig. 27.



licher Fortschritt, weil nun der Dampf viel schneller kondensirt wurde, mithin die Maschine viel rascher arbeiten konnte.

Durch den bei jedem Hub in den Cylinder eintretenden und darauf verdichteten Dampf bildete sich, wie leicht ersichtlich, unter dem Stempel flüssiges Wasser, dessen Menge, zumal durch die Einspritzung, fortwährend zunahm, und das nothwendig fortgeschafft werden mußte, wenn die Maschine nicht zuletzt still stehen sollte. Um dieses Wasser zu entfernen, ließen Newcomen und Cawley in den Boden des Cylinders ein Rohr *p* eintreten, welches 30 Fuß senkrecht hinab ging in eine Cisterne. Es war, wie man sieht, ein förmliches Wasserbarometer, dessen Wassersäule, obwohl sie aus dem Cylinder Zufluß bekam, niemals in diesen wieder zurücktreten konnte, selbst wenn darin auch durch die Kondensation der Druck auf das niedrigste Maß herabkommen sollte. Das Mittel war unbequem, aber ganz sinnreich.

Endlich mußte auch noch die Luft entfernt werden, die sich nothwendig aus dem Wasser im Dampfkessel entband, und auch durch das kalte Einspritzwasser mit herbeigeführt ward. Dazu diente ein Rohr *q* mit einem auf-

wärts schlagenden Ventil. Wenn der Stempel niederging, drückte er dies Ventil auf und trieb die Luft heraus. Um das Ventil ganz dicht zu machen, war es mit einer Wasserschicht bedeckt.

Dies war nun im Wesentlichen die Einrichtung der Maschine, auf welche Newcomen und Cawley in Verbindung mit Savery im J. 1705 ein Patent erhielten, nur fehlte die Einspritzung noch. Das Spiel derselben ist leicht zu begreifen. Die Bewegung der Hähne daran wurde aber durch Menschenhand bewerkstelligt, wie bei Worcester und Savery; daher erforderte sie die unausgesetzte Beaufsichtigung durch eine sehr aufmerksame Person, und dies war gewiß noch eine große Unvollkommenheit. Man pflegte gewöhnlich einen Knaben anzustellen, um abwechselnd die beiden Hähne in dem Dampf- und Einspritzrohr auf- und zuzudrehen. Einst war dies einförmige Geschäft einem aufgeweckten Jungen Namens Humphry Potter anvertraut. Da hörte er draußen seine Kameraden spielen und toben, und hätte gern Theil genommen an ihren Freuden, durfte aber seine Maschine nicht verlassen. Der Ueberdruß an seiner Arbeit machte ihn erfinderisch; er sah, daß das Drehen der Hähne mit der Bewegung des Balanciers in einem nothwendigen Zusammenhang stand. Schnell faßte er den Gedanken, beide durch Bindfäden zu verknüpfen, und siehe da, nun ging die Maschine allein, und er konnte hinaus ins Freie¹⁾. Wann Potter diese nützliche Erfindung machte, finde ich nicht angegeben. Ihr Werth wurde indeß sogleich erkannt, und man brachte statt des Bindfadens ein Gestänge an, welches von nun an die Menschenhand zu dem einförmigen Drehen der Hähne entbehrlich machte.

Sechs Jahre verstrichen nach dem Patent, ehe Newcomen und Cawley im Stande waren, ihre Maschine wirklich ins Leben einzuführen, theils weil sie dieselbe noch nicht ordentlich im Großen herzustellen vermochten, theils

¹⁾ Annuaire 1839 p. 298; Stuart, Hist. etc. I, 160.

weil man Vorurtheile gegen sie hatte, und ihre Leistungen bezweifelte. Endlich im J. 1711 glückte es zu Wolverhampton für einen Herrn **Back** eine Maschine zum Wasserheben zu errichten, und bei dieser Gelegenheit war es, wo sie den Nutzen des Einspritzens von kaltem Wasser in den Dampf entdeckten.

235. Während so die Dampfmaschine in England bis zur praktischen Anwendbarkeit vervollkommenet wurde, griffen auf dem Kontinent einerseits **Amontons** in Paris und andererseits **Papin** in Marburg den Gegenstand wieder auf. **Amontons** beschrieb im J. 1699 seine Feuermühle, moulin à feu, die indess nur in sofern hier Erwähnung verdient, als darin erhitze Luft zur Bewegung benutzt wird, sonst aber nichts mit der Dampfmaschine gemein hat, auch nur Vorschlag blieb ¹⁾ (§ 224). Bei **Papin** ist merkwürdig, daß er, nachdem er im J. 1690 wirklich eine Idee ausgesprochen, die zu brauchbaren Resultaten führen konnte, plötzlich die Sache fallen ließ, und sie nicht eher wieder aufnahm, als bis sie in England weiter geführt worden war. Er giebt zwar an, schon 1698 durch den Landgrafen Wilhelm veranlaßt worden zu sein, neue Versuche mit der Dampfkraft anzustellen. Allein aus allem, was sonst darüber bekannt geworden, erhellt genugsam, daß er erst, nachdem er die **Savery'sche** Maschine kennen gelernt hatte, auf den Gegenstand wieder zurückkam.

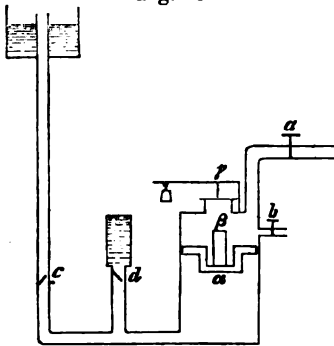
Der berühmte **Leibnitz** war in England gewesen. Er hatte dort **Savery's** Maschine gesehen und schrieb darüber an **Papin**. Ueberdies war **Savery's** Aufsatz in den Philosoph. Transact. von 1699 mit der Abbildung der Maschine schon im J. 1700 in die Acta Erudit. übergegangen, und **Savery's** Maschine konnte also unmöglich **Papin** unbekannt geblieben sein. Dennoch trat **Papin** 1707 mit der Beschreibung einer neuen Maschine hervor, die er angeblich unabhängig von **Savery** erfunden haben wollte. Er veröffentlichte darüber eine kleine Schrift: *Nouvelle manière pour lever l'eau*

¹⁾ Stuart, Hist. and descript. anecdotes I, 130.

par la force du feu, Cassel 1707. Der hierin gegebene Vorschlag war aber kein Fortschritt, sondern ein Abweg von der im J. 1690 betretenen Bahn, und die proponirte Maschine ist in den wesentlichen Theilen derjenigen von Savery so ähnlich, daß man deutlich sieht, die letztere habe ihm zum Vorbild gedient.

Die Einrichtung dieser Maschine, die man gewöhnlich unter dem Namen der hessischen citirt findet, war folgende ¹⁾: Durch den Hahn *a* Fig. 28 tritt der Dampf aus dem Kessel in den Dampfcyylinder, drückt auf den Schwim-

Fig. 28.



mer *α* und preßt das darunter befindliche Wasser durch das Ventil *c* in das Steigerohr. Hierauf wird *a* geschlossen und *b* geöffnet. Der Dampf strömt nun aus *b* in die freie Luft, die Maschine ist also eine Hochdruckmaschine; zugleich tritt jetzt das Wasser aus dem Wasserbehälter durch das Ventil *d* und füllt den Cylinder wieder, worauf *b* ge-

schlossen und *a* geöffnet wird, und das Spiel von Neuem beginnt.

Bis soweit unterscheidet sich die Maschine von der Savery's nur in der äußeren Form, eine wesentliche Verschiedenheit besteht aber in dem Schwimmer *α* auf dem Wasser im Dampfcyylinder. Dieser Schwimmer hatte den Zweck, den Dampf an der unmittelbaren Berührung mit Wasser zu hindern, damit er nicht von diesem kondensirt würde und seine Spannkraft verliere, denn Papin wußte sehr wohl, daß man mit Dampf nur dann in wirksamer Weise auf Wasser drücken kann, wenn dieses ebenso heiß ist als er selbst. Der Schwimmer war hohl, von Gufseisen und von abgebildeter Gestalt. Die Vertiefung in der Mitte

¹⁾ Stuart, Hist. etc. I, 135.

war ihm gegeben, um darin einen glühenden Eisenbolzen β einzusetzen, der die Erkaltung und demnächstige Verdichtung des Dampfes noch besser verhüten sollte. Um diesen Bolzen an seinen Platz bringen zu können, war oben die Klappe γ angebracht, belastet mit einem Gewicht am Hebel, zugleich als Sicherheitsventil dienend.

Ein englischer Autor neuerer Zeit, **Ainger**, nennt diesen Schwimmer eine kindische Vorrichtung, und in der That, zweckmäßig war er wohl nicht, denn abgesehen von der Umständlichkeit des glühenden Eisenbolzens, dessen Erneuerung doch jedesmal den Gang der Maschine unterbrechen mußte, hätte der Schwimmer wenigstens nicht von einem so guten Wärmeleiter wie Gufseisen verfertigt sein sollen. Wie dem auch sei, so sieht man doch, daß **Papin** jede Verdichtung des Dampfes verhindern wollte, welchem er außerdem eine hohe Spannung wie bei Hochdruckmaschinen gab, während **Savery** seine Maschine abwechselnd drückend und saugend wirken ließ.

Der Kurfürst von Hessen ließ, wie es scheint, diese Maschine **Papin's** gegen das J. 1705 in Kassel ausführen; sie hob Wasser zur Speisung einer Fontäne 70 Fuß hoch in einen Behälter. Die Maschine muß aber doch wohl nicht recht wirksam gewesen sein, denn man findet angegeben, daß der Kurprinz Karl von Hessen, Sohn des Landgrafen Wilhelm, bei einem Besuch in London 1706, wo er **Savery's** Maschine sah, diesen engagierte **Papin's** Maschine abzuändern, und dieser auch wirklich die nöthigen Abänderungen, wenn auch nicht selber ausführte, doch angab¹⁾.

Hooke.

236. Unter der großen Zahl von ausgezeichneten Männern, durch welche das Ende des XVII. Jahrhunderts zu einer so fruchtbaren Epoche für die Geschichte der Physik geworden ist, steht keiner in so naher Beziehung zu den bisher betrachteten Gegenständen, als der schon

¹⁾ Stuart, Hist. etc. II, 617.

oftmals genannte Robert Hooke, so daß es zweckmäßig sein dürfte, eine Schilderung seiner Verdienste zunächst hier folgen zu lassen. Man muß Hooke nicht verwechseln mit ein Paar Personen ähnlichen Namens, zunächst nicht mit einer, deren Namen die Uebersetzung von dem seinigen ist, nämlich mit Haak, einem Deutschen, der sich in London aufhielt und in der ersten Zeit der Royal Society thätigen Antheil an deren Sitzungen nahm. Dann auch nicht mit Rooke, einem achtungswerthen Astronomen und Mathematiker, der ein sehr eifriges Mitglied der Royal Soc. war, und gewiß noch manches geleistet haben würde, wenn er nicht schon im 40. Lebensjahre 1662 gestorben wäre.

Unser Robert Hooke war geboren zu Freshwater auf der Insel Wight am 18. Juli 1635, und starb zu London im 87. Lebensjahr. Trotz des hohen Alters, welches er erreichte, war er doch in seiner Jugend von sehr schwächlicher Konstitution. Sein Vater, der Prediger war, hatte ihn für den geistlichen Stand bestimmt und ließ ihn daher, nachdem er ihm selbst den ersten Unterricht ertheilt hatte, eine lateinische Schule besuchen. Allein die Kränklichkeit des jungen Hooke steigerte sich so, daß der Vater ihn bald von allem Unterricht entbinden mußte.

In der Muße, der er jetzt überlassen war, zeigten sich bald Proben seines Erfindungstalents, wie er denn u. A. eine hölzerne Uhr konstruirte, welche die Stunden des Tages ziemlich richtig angab. Nun wollte der Vater ihn Uhrmacher werden lassen, aber dieser Plan wurde ebenso bald aufgegeben als der andere, ihn zum Maler auszubilden. Am Ende zeigte sich's, daß er denn doch zum Gelehrten am besten taugte, und so wurde er in die Westminster-school geschickt, wo er Latein, Griechisch, Hebräisch und Mathematik zu studiren hatte. Im Euklid machte er bedeutende Fortschritte, auch zeigte er hier wiederum seine Erfindungsgabe, indem er seinem Lehrer 30 verschiedene Arten zum Fliegen mittheilte!

Im J. 1653 bezog er die Universität Oxford. Dort wurde er bald mit den Mitgliedern der philosophischen

Gesellschaft bekannt, und da er sich sehr anstellig erwies, nahm ihn erstlich der Chemiker Willis und später der berühmte Robert Boyle zum Gehülfen an. Mit Boyle arbeitete er mehrere Jahre zusammen, und unterstützte denselben namentlich bei seinen Versuchen mit der Luftpumpe. Hooke soll es eigentlich gewesen sein, der die zweistieflige Luftpumpe erfand im J. 1658 (§. 205).

Durch die Erfindungen und Entdeckungen, die er vom J. 1656 an zu Tage förderte, erwarb er sich einen solchen Ruf, daß die königl. Gesellschaft zu London ihn am 3. Juni 1663 zu ihrem Mitgliede erwählte, und ihm zugleich in Betracht seiner drückenden Vermögensumstände den sonst üblichen Geldbeitrag ein- für allemal erliefs. Im J. 1664 bewilligte sie ihm sogar ein festes Gehalt, freilich nur von 30 Lstrl., wofür ihm die Verpflichtung auferlegt ward, die in den Sitzungen der Gesellschaft begehrten Experimente zu machen. Seine äußere Lage befestigte sich in demselben Jahre auch noch dadurch, daß ihm erstlich ein Sir John Cutler ein Gehalt von 50 Lstrl. aussetzte, um dafür Vorlesungen über Mechanik zu halten, die 1679 als *Lectiones Cutlerianae* gedruckt erschienen, und daß er andererseits zum Professor der Geometrie am Gresham College ernannt wurde.

Hooke war, wie es oft mit kränklichen Personen der Fall ist, von sehr reizbarem Temperament, eigensinnig und in hohem Grade eifersüchtig auf jedes fremde Verdienst, daher er sich denn auch überall beeinträchtigt glaubte, und in fortdauernde Zänkereien und Streitigkeiten verwickelte, so z. B. mit unserm Landsmann Hevel, mit Huyghens, mit dem Sekretär Oldenburg, selbst mit Newton. Auch mit der Gesellschaft in corpore überwarf er sich mehrmals wegen seiner amtlichen Stellung, doch stellte sich das gute Vernehmen wieder her, und wie sehr man ihn trotz seiner Fehler achtete geht daraus hervor, daß man ihn im J. 1678 nach Oldenburg's Tode zum Sekretär wählte, und ihm noch 1696 eine bedeutende Summe bewilligte, um gewisse Experimente dafür anzustellen.

Hooke bewahrte seine Thätigkeit bis ins hohe Alter. In den letzten Jahren seines Lebens saß er fast Tag und Nacht am Schreibtisch, und ging nie anders als unausgekleidet zu Bett. Er war nie verheirathet.

Der mehrfach genannte **Heinrich Oldenburg**, der sich mitunter auch transponirt Grubendol schrieb, war 1626 in Bremen geboren, und kam unter Karl I. nach England als Konsul seiner Vaterstadt, was er auch unter **Cromwell** blieb. Der Umstand, daß er nach dem Verlust seines Amtes einen jungen Lord 1656 als Hofmeister nach Oxford begleitete, gab Veranlassung, daß er mit der philosophischen Gesellschaft bekannt wurde, in die Royal Soc. eintrat, und durch seine Sprachkenntniß den ersten Sekretär **Dr. Wilkins** als Gehülfe unterstützte, worauf er nach **Wilkins'** Tode dessen Amtsnachfolger ward. Er führte die Korrespondenz, besorgte die Herausgabe der *Transactions* und verwaltete sein Amt zur großen Zufriedenheit der Gesellschaft bis zu seinem zu Charlton bei Blackheath 1678 erfolgten Tod.

237. **Robert Hooke** kann zwar nicht mit seinen beiden Zeitgenossen **Newton** und **Huyghens** in eine Linie gestellt werden, aber er war doch ein großes Talent, ausgerüstet mit reicher Gabe der Beobachtung und Erfindung, besonders in Dingen der praktischen Mechanik. Hätte er mit seiner ausgezeichneten manuellen Geschicklichkeit einen entsprechenden Grad von mathematischem Geist verknüpft, hätte er sich mehr auf einen Gegenstand konzentriert, so würde er unstreitig einen noch höheren Rang als Physiker eingenommen haben. Aber er zersplitterte seine Kräfte, und so ist es gekommen, daß während er fast in allen Zweigen der Physik Spuren seines Scharfsinns hinterlassen hat, er doch keinen von Grund aus umgestaltete oder neu hinzufügte. Seine Leistungen sind ungemein mannichfach und zahlreich, so daß ich mich darauf beschränken muß, einige der vorzüglichsten hervorzuheben.

Eine seiner ersten und wichtigsten ist die Erfindung der Spiralfeder an der Unruhe der Taschenuhren. Er

machte sie in den Jahren 1656 bis 1658, veranlaßt durch das Lesen des *Almagest* von Riccioli. Die Benutzung von Metallfedern zu Uhren war schon lange vor Hooke in Gebrauch; einen Beweis davon geben die Taschenuhren, die nach der gewöhnlichen und im Grunde noch nicht widerlegten Angabe von Peter Hele, einem nürnbergischen Uhrmacher, ums J. 1500 oder 1510 erfunden, und in der ersten Zeit wegen ihrer ovalrunden Gestalt lebendige nürnbergische Eier genannt wurden. Bei diesen Uhren diente die Federkraft aber nur als *primum movens*, als Erzeugerin der Bewegung, und sie vertrat demnach die Stelle des Gewichts bei den Setz- und Schlaguhren, die noch weit älteren Datums sind, schon zu Ende des XIII. Jahrhunderts in Italien bekannt waren, und vermuthlich von den Saracenen zu den Europäern übergegangen sind.

Keine Uhr oder wenigstens keine Räderuhr, wie es die eben bezeichneten waren, sie mag nun durch Gewichte oder durch eine Feder angetrieben werden, ist aber ausführbar ohne einen Regulator, welcher die Triebkraft zügelt und die von ihr erzeugte Bewegung regelmäfsig macht. Einen solchen Regulator besaßen demnach auch alle Räderuhren, die seit dem XIV. Jahrhundert in Italien, Deutschland, Frankreich und England auf Kirchthürmen, Rathhäusern, Schlössern und Klöstern ziemlich häufig waren, in letzteren, um die Mönche zu ihren Morgengebeten zu wecken. Aber diese Regulatoren waren sehr unvollkommener Art; man weiß dies namentlich von der Thurmuhr, die Karl V. von Frankreich durch einen Deutschen Heinr. von Wick im J. 1364 in Paris verfertigen liefs, und, weil sie daselbst die erste in gröfserem Mafsstabe ausgeführte war, eine grofse Berühmtheit erlangte (§ 251).

Mit einem ähnlichen, unvollkommenen Echappement waren nun die Taschenuhren jener Zeit versehen, die übrigens in der Mitte des XVI. Jahrhunderts noch so theuer waren, daß man sie in England mit 50 Lstrl. bezahlte, und sie dabei doch einen sehr unregelmäfsigen Gang hatten. Selbst die astronomischen Uhren waren

damals noch sehr rohe Werkzeuge. Der berühmte Tycho Brahe bediente sich zu seinen Beobachtungen einer förmlichen Thurmuhre, worin eins der Räder nicht weniger als drei Fuß im Durchmesser hielt und 1200 Zähne hatte!

Hooke hatte nun die glückliche Idee, eine Stahlfeder, wie es scheint anfangs eine grade, später eine spiralförmige mit der sogenannten Unruhe zu verbinden, wodurch diese, wenn sie vom Steigrade nach einer Seite geworfen ist, mit unveränderlicher Kraft wieder zurückgeworfen wird. Hooke theilte die Erfindung seinem Gönner Boyle mit, welcher sie Rob. Moray, einem anderen Mitglied der Royal Soc. und dem Lord Brouncker, dem Präsidenten derselben, anvertraute. Moray forderte Hooke auf ein Patent zu nehmen, und zeigte ihm die Wege an dasselbe recht nutzbar zu machen. Das gab denn nun wohl Veranlassung zu dem nur durch die Unerfahrenheit von Hooke erklärlichen Schritt, daß er sich dazu verstand, mit jenen drei Herren das Patent gemeinschaftlich nachsuchen zu wollen.

Die Patentträger hielten die Erfindung für so einträglich, daß sie von den ersten 6000 Lstrl., die sie zu gewinnen hofften, dem Hooke drei Viertel, von den nächsten 4000 zwei Drittel und von dem späteren Ertrage die Hälfte zusicherten. Allein die übrigen Theilnehmer bestanden darauf, von jeder Verbesserung der Erfindung den alleinigen Gewinn ziehen zu wollen, und da Hooke wohl mit Recht sich diese Klausel nicht gefallen lassen wollte, so zerschlug sich die Sache, und das Patent wurde nicht zur Ausführung gebracht.

Dieser Umstand veranlaßte, daß die Erfindung ein Geheimniß blieb, und so war es denn am Ende kein Wunder, daß Huyghens, der um dieselbe Zeit, da Hooke die Spiralfeder erfand, die eben so wichtige Erfindung der Pendeluhr machte, auch auf die Anwendung der Federkraft zur Regulirung der Taschenuhren verfiel: Huyghens trat mit dieser Idee erst im J. 1675 hervor, und steht demnach, was Priorität betrifft, jedenfalls Hooke nach. Ob er die Idee indeß von Hooke entlehnte, ist nicht recht

glaublich. **Hooke** behauptet es jedoch, er beschuldigt den großen Mann geradezu des Plagiats, und warf dem Sekretär **Oldenburg** vor, er habe demselben die Erfindung im Geheimen mitgetheilt (§ 256).

Was Wahres daran ist, läßt sich wohl jetzt nicht mit voller Gewißheit entscheiden; nur soviel ist sicher, daß **Huyghens** in seinem *Horologium oscillatorium*, dem Werke, worin er seine Erfindung beschreibt und das 1673 erschien, noch nicht von der Spiralfeder spricht. Andererseits sind viel vor diesem Jahre auch noch keine Taschenuhren nach **Hooke's** Princip verfertigt worden, denn die erste Taschenuhr mit Spiralfeder, die Karl II. von England bekam, besaß die Inschrift:

Robert Hooke invenit 1658, Tompion fecit 1675.

Uebrigens wich das Echappement der Huyghens'schen Taschenuhren, von denen die erste im J. 1674 von **Turet** in Paris verfertigt wurde, etwas von dem Hooke'schen ab. Auch muß ich noch erwähnen, daß ebenfalls um die Mitte des XVII. Jahrhunderts der § 233 mehrmals genannte **Hautefeuille** sich mit der Regulirung der Taschenuhren befaßte, ohne jedoch dabei zu erheblichen Resultaten zu gelangen. Er wandte anfangs eine Schweinsborste an, später eine grade Stahlfeder und endlich, wohl nachdem er von **Hooke** und **Huyghens** gehört, eine spiralförmige. Derselbe **Hautefeuille** nahm auch die Erfindung der Pendeluhren für sich gegen **Huyghens** in Beschlag.

238. Ein anderer Gegenstand, in welchem **Hooke** mit **Huyghens** zusammentrifft, ist die Anwendung des konischen Pendels, des Centrifugalpendels oder der Pirouette zur Regulirung der Uhren. **Hooke** hat seiner Angabe nach diese Erfindung schon 1660 gemacht und beschrieben in den *Animadversions to the first part of the Machina coelestis of Joh. Hevelius etc.*, Lond. 1674, während **Huyghens** von der Anwendung dieses Pendels erst in seinem *Horolog. oscillat.* vom J. 1673 redet. Indes ist die Angabe von **Hooke** etwas verdächtig, denn das konische Pendel ist unstreitig complicirter als das, welches in einer Ebene schwingt,

und wenn er schon 1660 an die Benutzung des ersteren zu Uhren gedacht haben sollte, so sollte man meinen, daß ihm auch die Anwendung des letzteren nicht entgangen wäre, auf die er doch keine Ansprüche erhebt. Ueberdies weiß man, daß die Erfindungen und Untersuchungen, die Huyghens in seinem Horolog. oscill. von 1673 beschrieb, gleichfalls meist vom J. 1656 bis 1660 datiren. Auch hat Huyghens die Gesetze der konischen Pendelschwingungen entdeckt und genau entwickelt. Die Anwendung derselben auf Uhren fand in jener Zeit wenig Beifall, und wurde erst neuerdings wieder in's Leben gerufen für Zwecke, wo es nöthig ist eine stetige Bewegung zu haben.

Welche Bewandniß es indessen auch mit der Anwendung des konischen Pendels haben mag, so ist doch das Verdienst, welches sich Hooke durch Erfindung der Spiralfeder um die richtige Zeitmessung erworben hat, allein schon hinreichend seinem Namen hier ein höchst ehrenvolles Gedächtniß zu sichern.

239. Nicht minder verdienstlich sind Hooke's Bestrebungen in Vervollkommnung der Winkelmessung. So machte er am 28. November 1666 die Erfindung der Weingeistlibelle, eines so überaus nützlichen Werkzeugs. Er hat hierin ohne Widerrede die Priorität, namentlich gegen den Franzosen Picard, der erst 1684 in seinem *Traité du nivellement* ähnliche Vorrichtungen beschrieb, die noch dazu sämmtlich statt des Weingeistes das minder zweckmäßige Wasser enthielten.

Zwei Jahre früher, d. h. 1664, wandte Hooke die Schraube zur Theilung astronomischer Winkel-Instrumente an, und 1665 zeigte er in der Roy. Society einen kleinen Quadranten, woran die Alhidade durch eine Schraube bewegt wurde, so daß das Instrument Minuten und Sekunden angab. Außerdem kam Hooke, ohne von den Leistungen Anderer etwas gewußt zu haben, auf die Erfindung des Nonius, auf die Anwendung der Fernröhre zu Winkel-Instrumenten, und auf die Erfindung des Mikrometers oder Fadenkreuzes.

Die Erfindung des Fadenkreuzes ist als eine sehr wichtige der Gegenstand mehrfacher Diskussionen gewesen zwischen Italienern, Franzosen und Engländern. Den ersten Schritt dazu that ohne Zweifel **Morin**, Prof. der Mathematik in Paris, da er im J. 1634 ein Fernrohr auf seinen Quadranten setzte, um damit Sternhöhen bei Tage zu messen. Aber sein Fernrohr hatte noch kein Fadenkreuz, vermuthlich, weil es noch ein galilei'sches oder holländisches war und folglich keins haben konnte (§ 84). In der Regel wird die Erfindung des Fadenkreuzes den Franzosen **Auzout** und **Picard**, beide Mitglieder der pariser Akademie zugeschrieben, und es ist gewiß, daß sie von derselben gleichsam die erste Anwendung im Großen machten, indem sie dieselbe zu der von ihnen 1667 auf Befehl der Akademie unternommenen Gradmessung benutzten.

Adrien Auzout, geb. zu Rouen, war einer der ersten Mitglieder der Akademie. Durch eine Kabale, die ihn beim Minister Colbert verläumdete, verlor er indeß schon 1668 seine Stelle und sein Gehalt, worauf er nach Italien ging und dort 1691 in Rom starb. — **Jean Picard** war geb. 1620 zu La Flèche in Anjou und starb zu Paris 1682.

Zufolge einer Nachricht des Astronomen **Zach** ¹⁾ hätte schon vor **Auzout** und **Picard** der Florentiner **Francesco Generini** die Fernröhre bei Winkel-Meßwerkzeugen angewandt. Derselbe war Ingenieur des Großherzogs von Toskana, zugleich Mechanikus und Wasserbaumeister, und starb 1663 im 70. Lebensjahre. Er versah nach dieser Angabe nicht nur die Fernröhre, die man zu seiner Zeit noch in freier Hand hielt, zuerst mit einem Stativ, sondern hatte auch die Idee sie mit Winkel-Instrumenten zu verbinden, oder wie er es nannte diese zu teleskopiren, und führte diese Idee auch wirklich aus. Das Jahr seiner Erfindung ist nicht genau bekannt, aber es scheint als habe er sie im 30. oder 40. Lebensjahre, also schon in den ersten Decennien nach der Erfindung der Fernröhre

¹⁾ **Zach**, Astronom. Zeitschr. IV, 3.

gemacht. Da jedoch in dieser Mittheilung nirgend vom astronomischen Fernrohr die Rede ist, auch nirgend das Fadenkreuz erwähnt wird, so erscheint das Verdienst Generini's in dieser Sache sehr zweifelhaft.

Dagegen giebt der Graf **Malvasia** zu Bologna in seinen 1662 erschienenen astronomischen Ephemeriden umständlich an, daß er sich lange Jahre hindurch eines Mikrometers aus Silberfäden bedient habe, daher die Italiener auch ihm wohl die Erfindung des Mikrometers zuschreiben (§ 181).

Noch früher im J. 1659 beschrieb **Huyghens** in seinem *Systema saturnium* ein von ihm angewandtes Mikrometer, mit dem er Planeten-Durchmesser u. s. w. maß. Es bestand aus Messingplatten von keilförmiger Gestalt, die von der Seite her in's Fernrohr geschoben wurden, bis sie den Planeten u. s. w. deckten. Wegen der Irradiation gab dies Mikrometer indels zu große Werthe. Auch **Hevel** bediente sich eines Mikrometers, bestehend aus mehreren Parallelfäden, die durch eine Schraube bewegt wurden. **Hecker**, ein danziger Patricier, der es unter **Hevel's** Nachlaß fand, hat es in den Act. Eruditorum von 1708, p. 125 beschrieben und abgebildet.

Am aller frühesten hat indels der Engländer **William Gascoigne** das Mikrometer angewandt. Er beschreibt es im J. 1640 und 1641 in Briefen an seine Freunde **Horrox** und **Crabtree**, dieselben, die am 4. December 1639 den ersten Durchgang der Venus vorüber der Sonne beobachteten (§ 135). Er hat es nicht allein zum Messen von Planeten- und Monddurchmessern angewandt, sondern auch seine Winkel-Instrumente, den Sextant u. s. w. mit Fernrohr und Fadenkreuz versehen, wie von **Derham** in den Philosoph. Transact. 1717 nachgewiesen worden ist. Auch beleuchtete **Gascoigne** Nachts das Mikrometer. Dasselbe ist von **Townley** und auch von **Hooke** ¹⁾ beschrieben, von Letzterem auch abgebildet worden; es bestand aus zwei

¹⁾ Philosoph. Transact. 1667.

zugespitzten scharfrandigen Blechen, die durch eine Schraube mit Skala und eingetheiltem Kopf gegeneinander bewegt wurden. Die Erfindung ging aber für die Zeitgenossen verloren, da Gascoigne bald darauf am 2. Juli 1644 in der Schlacht von Marston-Moor fiel, wo er für Karl I. focht. Erst aus seinen hinterlassenen Papieren ist sie bekannt geworden. Hooke scheint anfangs auch nichts von der Erfindung seines Landsmannes gewußt zu haben; er verbesserte sie aber, indem er vorschlug statt der Metallspitzen ausgespannte Fäden zu nehmen.

Der Gebrauch des Mikrometers, oder vielmehr des mit einem Fadenkreuz versehenen Fernrohrs anstatt der Dioptern bei Winkel-Instrumenten, verwickelte Hooke in einen heftigen Streit mit unserem Landsmann Hevel. Dieser übersandte im J. 1668 ein Exemplar seiner *Cometographia* an Hooke und andere Mitglieder der Royal Society, und in Erwiderung dieser Höflichkeit sandte ihm Hooke ein Exemplar seiner *Description of the dioptric Telescop*, worin derselbe den Gebrauch der Fernröhre statt der Dioptern an Winkel-Instrumenten sehr empfahl.

Hevel, schon damals ein alter Mann, wollte von dieser Neuerung nichts wissen und erwiderte, daß er mit Dioptern ebenso gut wie Hooke mit einem Fernrohr beobachten würde. Im J. 1673 veröffentlichte er den ersten Theil seiner *Machina coelestis* etc., worin er alle seine bisher gebrauchten astronomischen Instrumente beschrieb. Er sandte davon mehrere Exemplare an die Mitglieder der Royal Society, überging aber, ob absichtlich oder zufällig ist mir nicht bekannt, Hooke. Das nahm dieser nun entsetzlich übel; in einem äußerst leidenschaftlichen Tone schrieb er 1674 seine *Animadversions to the first part of the Machina coelestis*, welche seine eigenen Landsleute arrogant nennen.

Hevel fühlte sich dadurch natürlich sehr beleidigt und schrieb an die Royal Society, sie möge die Sache durch eins ihrer Mitglieder untersuchen lassen. Die Royal Society ging darauf ein und übertrug dem berühmten Astronomen

Halley die Prüfung. Demgemäß reiste derselbe nach Danzig, wo er den 26. Mai 1679 ankam, versehen mit **Hooke's** Instrumenten. Die Prüfung wurde sogleich vorgenommen und dauerte bis zum 18. Juli. **Halley** beobachtete mit **Hooke's** Instrumenten und **Hevel** mit den seinigen dieselben Gegenstände. Und siehe da, der Vergleich fiel außerordentlich vortheilhaft zu Gunsten unseres Landsmannes aus, **Halley** erklärte, was er früher nicht geglaubt, das müsse er jetzt vollständig zugeben: **Hevel** beobachtete mit bloßem Auge und Dioptern ebenso gut, wie er mit seinem Fernrohr ¹⁾ (§ 196).

Es ist dies ein Beweis eben so wohl von der großen Geschicklichkeit und dem guten Auge unseres Landsmannes, als andererseits von der Unvollkommenheit der damaligen Instrumente, denn mit den heutigen möchte wohl das beste und geübteste Auge den Wettkampf nicht bestehen.

240. **Hooke** beschäftigte sich viel mit dem Schleifen von Glaslinsen und mit der Konstruktion von Fernröhren. Er kam darüber in Streit mit **Auzout**, der ebenfalls die Fernröhre zu vervollkommen suchte, und unter Andern ein Objektivglas von 600 Fufs Brennweite dargestellt hatte, es aber aus Mangel an einer schicklichen Vorrichtung nicht aufstellen konnte. Bei Objektiven von so ungeheurer Brennweite war natürlich die Länge des Rohres ein großes Hinderniß, man suchte daher den Gebrauch des Rohres zu umgehen, indem man die Linsen, Objektive und Okulare frei in der Luft aufhing. Man schreibt die Erfindung gewöhnlich **Huyghens** zu, der sie 1684 beschrieb, **Hooke** behauptet indess, er habe sie schon früher gemacht. Sie ist jedenfalls von keinem Belang und heutigen Tages ganz ohne Werth, da man stark vergrößernde Fernröhre konstruiren kann, ohne ihnen eine so unmäßige Länge zu geben.

Wichtiger oder wenigstens interessanter ist eine andere Erfindung **Hooke's**, nämlich die eines eigenthümlichen Blend-

¹⁾ Brewster, Edinburgh Encyclopaedia XI, 48. 49.

glases. Das Blendglas ist, um Sonnenbeobachtungen zu machen, eine ganz nothwendige Zugabe zum Fernrohr, da das Auge den blendenden Glanz der Sonne unmöglich ertragen kann. In der ersten Zeit nach Erfindung der Fernröhre bediente man sich des natürlichen Blendglases, welches eine schwache vor der Sonne vorüberziehende Wolke darbietet, so **Fabricius**. Später kam man darauf ein berufstes oder dunkel gefärbtes Glas vorzusetzen; beides wandte **Scheiner** an.

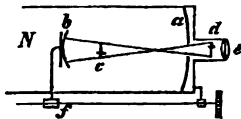
Alle diese Blendgläser beruhten auf Absorption des Lichts. **Hooke** kam nun auf den Einfall das Sonnenlicht durch das Mittel zu schwächen, welches die Reflexion darbietet. Sein Blendglas besteht aus zwei Planspiegeln, zwischen welchen er das Sonnenlicht so oft reflektiren läßt, bis es einen für das Auge ertragbaren Grad von Schwäche erlangt hat. Ein solches Blendglas zeigte er am 28. Juni 1675 in der Roy. Society vor. Man kann grade nicht sagen, daß es besser war als das, welches aus einem farbigen Glase besteht, und welches man schon seiner Einfachheit wegen noch jetzt allgemein anwendet; allein es beruht auf einem bis dahin noch nicht benutzten Princip und hat vor jenem den Vorzug, daß es das Licht schwächt ohne es zu färben, ein Zweck, den man neuerdings durch Anwendung der sogenannten Polarisation noch vollständiger erreicht hat.

Erfindung der Spiegelteleskope.

241. **Hooke** hat auch einige Verdienste um das Spiegelteleskop, zu welchem **Zucchi** die erste rohe Idee im J. 1616 gab (§ 77). Dann verfiel **Mersenne** (§ 148) auf sie und bildete sie weiter aus, ohne sie jedoch zur Ausführung zu bringen, da **Descartes** sie ihm als unpraktisch vorstellte. Der erste, der sie nachdem wieder aufnahm und vervollkommnete war **James Gregory**, ein ausgezeichnete Mathematiker und Astronom, geb. 1638 zu Aberdeen in Schottland und gest. 1675 zu Edinburgh im noch nicht vollendeten 37. Lebensjahre, nachdem er wenige Tage zuvor plötzlich erblindete.

Seinen Vorschlag zum Spiegelteleskop machte er im J. 1663 in seiner *Optica promota* bekannt, hatte denselben aber schon 1661 erdacht. Er hoffte mit diesem Instrument die Fehler der sogenannten sphärischen Aberration bei den dioptrischen Fernröhren zu beseitigen, denn die andere Fehlerquelle der Fernröhre, die chromatische Aberration kannte er noch nicht. Demgemäß schlug er vor im Grunde eines am einen Ende offenen Rohres *N* Fig. 29 einen parabolischen Metallspiegel *a* anzubringen, und die

Fig. 29.



von diesem reflectirten Strahlen mit einem kleinen elliptischen Spiegel *b* aufzufangen, dessen Brennpunkt ein wenig außerhalb der Brennweite des parabolischen liegt. Bei dieser Einrichtung wird von dem größeren Spiegel ein verkehrtes Bild *c* des fernen Gegenstandes noch außerhalb der Brennweite des elliptischen erzeugt, der dasselbe dann in aufrechter Stellung und vergrößert gegen die Mitte des parabolischen Spiegels zurückwirft. Letzterer hat im Mittelpunkt eine Oeffnung, durch welche die zu dem aufrechten Bilde *d* sich vereinigenden Strahlen hindurchtreten, welches nun mit einem Augenglase *e* betrachtet wird. Da die Entfernung des Gegenstandes Einfluß auf den Ort des verkehrten Bildes hat, so ist der elliptische Spiegel beweglich, und muß zur Gewinnung eines scharfen aufrechten Bildes nach Bedürfnis mittelst der Stange *f* verschoben werden.

Im J. 1664 oder 65 kam Gregory nach London um seine Ideen von einem optischen Künstler ausführen zu lassen; allein obwohl ihm einer der renommirtesten empfohlen ward, so scheiterten doch alle Bemühungen, und das Teleskop trat nicht ins Leben. Mißmüthig darüber verließ Gregory sein Vaterland und ging nach Italien, wo er sich einige Jahre in Padua niederließ, und daselbst ein Werk über die Quadratur des Kreises und der Hyperbel schrieb, das ihn in eine lebhafte Diskussion mit Huyghens verwickelte. Ums J. 1668 kehrte er nach England zurück,

ward Mitglied der Royal Society, später Professor der Mathematik in Edinburgh, und gab noch verschiedene für ihre Zeit werthvolle mathematische Schriften heraus.

Bemerkenswerth ist noch, daß Gregory in der erwähnten *Optica promota* von 1663 den Vorschlag machte, den Vorübergang der Venus oder des Merkurs vor der Sonne als ein Mittel zu benutzen die Parallaxe der Sonne, d. h. die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen. Man schreibt diese Idee in der Regel Gregory's Zeitgenossen Halley zu, und in einiger Hinsicht nicht mit Unrecht. Halley kam auf diese Idee, als er 1677 den Vorübergang des Merkurs auf St. Helena beobachtete. Er sprach sie 1691 öffentlich aus, und entwickelte sie später 1716 in einer besonderen Schrift, um die Astronomen zu veranlassen den Vorübergang der Venus am 6. Juni 1761, den er selbst wegen seines vorgerückten Alters (er lebte von 1656 bis 1742) nicht mehr zu erleben hoffen konnte, zu dieser Bestimmung zu benutzen. Das ist denn auch wirklich geschehen, und wir haben durch diesen Vorübergang und besonders den folgenden im J. 1769 zuerst die Entfernung unseres Planeten von der Sonne kennen gelernt.

Noch heute beruht unsere ganze Kenntniß von dieser Entfernung auf den Beobachtungen von 1761 und 1769 und den genauen Berechnungen, welchen neuerdings Prof. Encke sie unterworfen hat. *Mögen die sterblichen Menschen*, sagt Halley in seiner Schrift von 1716, *nachdem sie die Räume des Sonnensystems ausgemessen haben werden, sich dann auch erinnern, daß es ein Engländer war, der zuerst auf diese glückliche Idee gekommen ist!* — Nun man wird Halley nicht vergessen, da er diese Idee ebenso gewiß aus sich schöpfte, als er ihr den Eingang in die Wissenschaft sicherte, aber man darf doch nicht verschweigen, daß James Gregory es war, der sie zuerst aussprach.

Man muß übrigens diesen James Gregory nicht wechseln mit David Gregory, ebenfalls einen verdienst-

vollen Mathematiker und Astronomen, der sich nicht allein durch verschiedene mathematische Werke einen ehrenvollen Ruf erwarb, sondern auch um die Verbreitung der Lehren **Newton's** in England besondere Anerkennung verdient. Er war Neffe von **James**, wie dieser geboren in Aberdeen, aber erst 1661, und starb 1710 zu Maidenhead in Berkshire, nachdem er lange Jahre Professor in Oxford gewesen. Sein berühmtestes Werk ist: *Astronomiae physicae et geometriae elementa*, Oxf. 1702, ganz basirt auf **Newton'schem** Princip. Ein anderes: *Catoptricae et dioptricae sphaericae elementa*, Oxf. 1695, ist bemerkenswerth wegen einer darin enthaltenen Anticipation der wichtigen Erfindung der Achromasie. Er sagt nämlich darin: Es würde vielleicht nützlich sein das Objectiv eines Fernrohrs aus verschiedenen Medien zusammen zu setzen, wie wir es bei dem Auge von der Natur gethan sehen, die niemals eine Sache umsonst unternimmt.

Funfzig Jahre später sprach unser **Euler** die Idee aus, es möchten wohl die verschiedenen brechenden Flüssigkeiten des Auges den Zweck haben, die Farbenzerstreuung in diesem Organe aufzuheben¹⁾, und die Abhandlung, worin er diese Idee durch Rechnung weiter entwickelte, gab dem englischen Künstler **Dollond** Veranlassung 10 Jahre später die Achromasie wirklich zu entdecken.²⁾ Man würde indeß **David Gregory** zuviel Ehre anthun, wenn man jenes Ausspruchs wegen ihm schon diese Entdeckung zuschreiben wollte, wie es wirklich einige seiner Biographen gethan haben; denn jene Entdeckung ist ohne Kenntniß der Verschiedenheit der Dispersion in verschiedenen Medien nicht zu machen, und diese Verschiedenheit kannte **D. Gregory** noch nicht. Aber sein Gedanke war in der That ein glücklicher, und es ist zu bewundern, daß er so lange unbeachtet bleiben konnte.

Was nun **Hooke** betrifft, so griff er die von **James Gregory** vorgeschlagene Konstruktion eines Spiegelteleskops

¹⁾ Mém. de Berlin 1747, p. 274.

²⁾ Philosoph. Transact. 1757, Vol. L, pt. II, p. 733.

auf, und stellte danach ein Instrument dar, das er am 5. Februar 1674 in der Roy. Society vorzeigte. Es ist das erste wirklich dargestellte Spiegelteleskop mit durchbohrtem Spiegel. Ob er indess auch in der Krümmung der Spiegel die Ideen Gregory's ausführte, kann ich nicht sagen. Die Beschreibung und Abbildung, die von diesem Hooke'schen Instrument auf uns gekommen sind, sagen darüber nichts.¹⁾ Man sieht daraus nur, daß in der Durchbohrung des Spiegels kein Fernrohr, sondern nur eine Linse befindlich war.

242. Während Hooke, wenigstens was die Durchbohrung des großen Spiegels betrifft, sich an Gregory's Vorschriften hielt, waren einerseits Newton in England und Cassegrain in Frankreich bemüht, ebenfalls durch Gregory's Werk dazu veranlaßt, Reflexions-Teleskope darzustellen.

Newton griff zum Spiegelteleskop, weil er befangen in dem Irrthum, daß die Dispersion bei allen Körpern gleich sei, es für unmöglich hielt, aus einem dioptrischen Fernrohr alle falschen Farben zu entfernen, und demnach dieses Instrument zu größerer Vollkommenheit zu bringen. Da er die Schwierigkeit einsah parabolische und elliptische Spiegel darzustellen, so beschränkte er sich auf sphärische. Das erste, welches er verfertigte, und zwar mit eigener Hand schon im J. 1668, hatte einen metallenen Auffangespiegel, war 6 Zoll lang, hielt 1 Zoll im Durchmesser, und vergrößerte etwa 30 — 40 mal. Es leistete so viel wie ein sechsfußiges Fernrohr damaliger Zeit, und hatte in der Mitte des Spiegels keine Durchbohrung, sondern zur Seite des Rohres eine solche, in welcher eine plankonvexe Linse saß.²⁾ Die von dem großen Spiegel reflektirten Strahlen wurden auf einen kleinen ebenen Spiegel geworfen, der so gestellt war, daß er die empfangenen Strahlen nach der Linse in der Seitenwand lenkte. Die Spiegelmasse hatte er selbst aus Kupfer, Arsenik und Zinn zusammen ge-

¹⁾ Philosoph. experiments published by W. Derham 1726, p. 269.

²⁾ Vergl. Brewster, Leben Newton's p. 21.

schmolzen. Er versuchte auch Kupfer und Zinn mit etwas Silber, fand diese Masse aber zu weich, nicht gut polirbar. Späterhin konstruirte er ein zweites, wenig größeres Exemplar, dessen er sich einige Jahre in Cambridge, wo er damals lebte, zu seinen Beobachtungen bediente.

Die Royal Society in London erfuhr von diesem Instrument, und bat es ihr zur Ansicht zu schicken. Das geschah auch und wurde es am 11. Januar 1672 zur Prüfung in der Gesellschaft vorgelegt, wo es außerordentlichen Beifall fand. Es wird noch in der Bibliothek der Roy. Soc. aufbewahrt und führt die Inschrift: *Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hands 1671*. Zur Zeit der Uebersendung dieses Instruments, das auch nur kleine Dimensionen hatte, war Newton noch nicht Mitglied der Roy. Society; man ging aber damit um ihn zu wählen, und er sah bescheidenerweise dies Teleskop als Gegenstand der Empfehlung für sich an (§ 275). In den Philosoph. Transact. von 1672 ist eine Abbildung und Beschreibung dieses zweiten Teleskops enthalten, desgleichen eine Abbildung auf Taf. I. in dem Leben Newton's von Brewster.

Außer den beiden Instrumenten scheint Newton selbst keine dargestellt zu haben. Später 1678 verband er sich indels mit einem londoner Künstler, um ein vierfüßiges Teleskop mit 150facher Vergrößerung nach seinem Princip anzufertigen. Bei diesem sollte der größere Metallspiegel durch einen belegten Glasspiegel und der kleinere durch ein Glasprisma ersetzt werden; allein der Versuch scheiterte daran, daß man sich kein genügend reines Glas zu verschaffen wufste.

243. Kurz nachdem Newton's Instrument in den Philosoph. Transact. beschrieben worden war, trat noch im J. 1672 der Franzose *Cassegrain* zu Paris im Journal des savants mit der Beschreibung eines Spiegelteleskopes auf, welches er seiner Angabe nach schon vor Newton erfunden haben will, und das besser als des Letzteren sein soll. Was die erste Behauptung betrifft, so kann sie wohl nicht anderweitig unterstützt werden, aber in der zweiten hat

Cassegrain Recht, und er verdient nicht die Vorwürfe, welche mehrere Schriftsteller des XVIII. Jahrhunderts ihm gemacht haben. Sein Teleskop enthält einen metallenen Hohlspiegel, der in der Mitte durchbohrt ist. Die von ihm reflektirten Strahlen fallen auf einen kleineren konvexen Spiegel, und werden von diesem nach der Oeffnung im größeren Spiegel zurückgeworfen, wo sich ein Augenglas befindet. Beide Spiegel sind sphärisch.

Wenn man in dem **Gregory'schen** Teleskop die Spiegel auch von sphärischer Gestalt annimmt, so weicht das **Cassegrain'sche** nur darin von ihm ab, daß der kleinere Spiegel konvex statt konkav ist. Dies scheint nur eine unbedeutende Abänderung zu sein, ist aber in der That eine wesentliche Verbesserung, wesentlicher als es **Cassegrain** selber glaubte, der vermuthlich nicht durch klare theoretische Gründe darauf gekommen ist. Denn: 1) wird das Teleskop um die doppelte Brennweite des kleineren Spiegels kürzer als das **Gregory'sche**, so daß es bei gleicher Länge stärker als dieses vergrößert; bei einer Brennweite von $15\frac{1}{2}$ Zoll z. B. würde **Gregory's** Instrument 86 mal, **Cassegrain's** dagegen 93 mal vergrößern; 2) wird, da beide Spiegel entgegengesetzte Krümmungen einander zuwenden, ein großer Theil der sphärischen Aberration aufgehoben, und 3) endlich durchschneiden die Strahlen, ehe sie ins Auge gelangen, einander nicht in einem Brennpunkt. Dadurch wird einem Lichtverlust vorgebeugt, der immer bei einer solchen Durchschneidung stattfindet, selbst im vollkommensten achromatischen Fernrohr, wie **Brewster** zuerst nachgewiesen und später Kapitän **Kater** auch an Spiegelteleskopen gezeigt hat.¹⁾

Diese Vortheile des **Cassegrain'schen** Teleskops wurden von den Zeitgenossen nicht eingesehen, im Gegentheil gab man fast das ganze XVIII. Jahrhundert hindurch dem

¹⁾ Brewster, Edinb. Encyclop. X art. Gregory; Philos. Transact. 1813 und 1814.

Gregory'schen Teleskop den Vorzug, sowohl vor dem von **Cassegrain** wie dem von **Newton**.¹⁾

Alle die von **Hooke**, **Newton** und **Cassegrain** verfertigten Spiegelteleskope waren nur von kleinen Dimensionen und leisteten der Wissenschaft keinen anderen Dienst, als daß sie den Weg zeigten, welchen man zu verfolgen habe, um zu größeren Wirkungen zu gelangen. Erst 50 Jahre später wurden die fast vergessenen Spiegelteleskope wieder ins Leben gerufen, und zwar durch **John Hadley**. Derselbe überreichte der Roy. Soc. im J. 1723 ein Spiegelteleskop von 6 Fuß Länge, das einen Spiegel von $62\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite enthielt, und ebenso viel leistete als ein Huyghens'sches Fernrohr von 123 Fuß Brennweite. Dieses erste größere Teleskop baute **Hadley** nach Newton'schem Princip, da er aber manche Unbequemlichkeit daran fand, so ging er 1726 zu dem Gregory'schen mit durchbohrtem Spiegel über.

Dieser **John Hadley** ist derselbe, der einige Jahre später die für die Schifffahrt so wichtige Erfindung der Spiegelsextanten machte. Ein solches Instrument, eigentlich ein Spiegel-Oktant, legte er der Roy. Soc. am 13. Mai 1731 vor. Ueber das Leben dieses verdienstvollen Mannes wissen wir wenig, und nur, daß er sich mehrfach mit nautischen Problemen beschäftigte, mit dem Astronomen **Halley** in fleißigem Verkehr stand, und 1744 starb.

Um nach dieser Exkursion wieder auf **Hooke** zurückzukommen, muß ich erwähnen, daß er sich nicht damit begnügte Fernröhre und Teleskope zu konstruieren, sondern auch mit ersteren wenigstens den Himmel fleißig durchmusterte, und einige wichtige Thatsachen der physischen Astronomie ebenso früh und zum Theil früher beobachtete, als es auf dem Kontinent von dem berühmten **Cassini** geschah.

¹⁾ Brewster, Optics p. 639.

Cassini.

244. **Giovanni Domenico Cassini** war geboren 1625 zu Perinaldo in der Grafschaft Nizza, und stammte aus einer Patricierfamilie in Siena, die seit den Zeiten des Kardinals Cassini, 1426, zu den angesehensten daselbst gezählt wurde. Er erhielt seine Ausbildung im Jesuiten-Kollegium zu Genua, und entwickelte bald solche Kenntnisse in allen mathematischen Wissenschaften, daß der Senat von Bologna ihm im J. 1650, wo er noch nicht mehr als 25 Jahr alt war, die durch **Cavalieri's** Tod erledigte Professur der Astronomie übertrug.

Im J. 1653 veröffentlichte er seine ersten Beobachtungen, die er in Gemeinschaft mit dem **Marchese Malvasia** angestellt hatte. Sie betrafen den Kometen von 1652 und 53 und hatten namentlich den Zweck zu zeigen, daß diese Himmelskörper nicht, wie noch damals ziemlich allgemein geglaubt wurde, meteorischer Natur seien. Zwei Jahre darauf erhielt er den Auftrag, den 1575 von **Egnazio Dante** in den Fußboden der Kirche des heiligen Petronius zu Bologna gelegten Meridian zu rektificiren, und diese Arbeit, die er nach den besten Beobachtungen ausführte, erwarb ihm zu einer Zeit, wo man auf Mittagslinien noch einen großen Werth legte und legen mußte, da man noch kein anderes Mittel zur Auffindung des Mittags kannte, einen großen Ruf unter den Zeitgenossen. Genannter Meridian wurde übrigens von ihm noch einmal 1695 revidirt.

In welchem Ansehen **Cassini** stand, läßt sich daraus abnehmen, daß er 1657 vom Papst **Alexander VII.** nach Rom berufen wurde um Zwistigkeiten auszugleichen, die wegen Ueberschwemmungen des Po-Flusses zwischen den Städten Bologna und Ferrara ausgebrochen waren; daß er in ähnlicher Weise zum Mitglied einer Kommission ernannt wurde, welche die durch die Ueberschwemmungen des Chiana-Flusses zwischen der päpstlichen und der florentiner Regierung entstandenen Differenzen beseitigen

sollte, und bei welcher, wie ich früher erwähnte, ihm von florentiner Seite Viviani beigegeben war (§ 162). Im J. 1663 ernannte ihn Mario Chigi, der Bruder des Papstes, zum General-Inspektor der Befestigungen des Schlosses von Urbino.

Beobachtungen und Tafeln über die Jupitertrabanten, welche Cassini herausgegeben hatte und Picard in die Hände gefallen waren, brachten diesem eine solche Meinung von ihm bei, daß derselbe den Minister Colbert anging, Cassini nach Frankreich zu berufen. Das geschah auch und Cassini, obwohl anfangs wenig geneigt dem Rufe zu folgen, kam im J. 1669 nach Paris. Er wurde zum Mitglied der Akademie und königl. Astronomen ernannt; im September 1671 eröffnete er an der neu erbauten Sternwarte sein Amt, und stand demselben 41 Jahre mit einer unglaublichen Thätigkeit vor.

In seinem Vaterlande hatte er bereits 18 verschiedene Schriften astronomischen Inhalts, theils in italienischer, theils in lateinischer Sprache, herausgegeben. Von der Zeit an, da er sich in Paris niederließ, publicirte er in den Denkschriften der Akademie nicht weniger als 176 Abhandlungen, von denen 165 astronomischen und 11 physikalischen Inhalts waren. Außerdem verfaßte er noch 6 besondere Werke und hinterließ 3 unvollendet, unter welchen eine Cosmographie in italienischen Versen. Am Ende dieser langen und rühmlichen Lebensbahn verlor er das Gesicht, und verschied zuletzt ohne alle Krankheit am 14. September 1712 in dem hohen Alter von 87 Jahren. Durch ihn ist Frankreich noch mit drei ausgezeichneten Astronomen bereichert worden; diese sind:

1) Jacques Cassini, der jüngste Sohn von Domenico, geb. zu Paris 1677 und gest. 1756, von dem später noch ausführlicher die Rede sein wird (§ 314); ebenso von

2) César François Cassini de Thury, Sohn von Jacques, also Enkel von Domenico, geb. zu Paris 1714 und gest. 1784.

3) **Jacques Dominique Cassini**, Graf von Thury, geb. 1748 zu Paris, gest. 1845 in einem Alter von 97 Jahren. Er war der Sohn des Vorigen, und wie dieser Mitglied der Akademie zu Paris und Direktor der dortigen Sternwarte bis zum J. 1793.

Von den zahlreichen Arbeiten und Entdeckungen **Dom. Cassini's** will ich hier nur ein Paar die physische **Astronomie** betreffende aufzählen. Zunächst hat er von den acht Saturnmonden, die wir jetzt kennen, vier entdeckt, die er **Ludwig XIV.** zu Ehren **Sidera Ludovicea** nannte. Es sind nämlich entdeckt vom Hauptplaneten ab gerechnet: No. 1, entdeckt 28. Aug. 1789 von **Herschel**.

- 2, - 17. Sept. 1789 - **Herschel**.
- 3, - März 1684 - **Cassini**.
- 4, - März 1684 - **Cassini**.
- 5, - 23. Dec. 1672 - **Cassini**.
- 6, - 25. März 1655 - **Huyghens**.
- 7, - 16. Sept. 1848 - **Bond** (**Lassel** 18. Sept. 48).
- 8, - 5. Okt. 1671 - **Cassini**.

Huyghens, **Derham** und Andere bezweifelten lange die Existenz von No. 3 und 4, bis es am Ende **Pound** im J. 1718 gelang, alle fünf von No. 3 bis No. 8 (ausschließlich No. 7) mit einem Fernrohr von 123 Fufs (§ 265) zu beobachten, und von der Zeit an hielt man ihr Dasein eigentlich erst für bewiesen. No. 3 und 4 wurden entdeckt mit einem Fernrohr von 136 Fufs, und No. 5 mit einem von 35 und 70 Fufs Brennweite.

Ferner verdankt man **Cassini** mehrere Beobachtungen über die Axendrehung einiger Planeten, und diese Beobachtungen sind es, bei welchen **Hooke** zum Theil mit **Cassini** zusammentrifft. Auf dem Jupiter entdeckte **Hooke** Flecken, und in Folge dessen die Rotation am 9. Mai 1664. **Cassini** machte diese Entdeckung wahrscheinlich ebenso früh, und beschrieb sie in *Lettere astron. al Sign. O. Falconieri sopra la varietà delle macchie osservate in Giove e loro diurne rivoluzioni*, Bologna 1665. Er bestimmte die Zeit der Axendrehung = $9^h 56'$. — Am Mars machte die ähnliche Beob-

achtung Cassini am 6. Februar 1666, und Hooke nur wenige Wochen später, am 3. März 1666. Cassini fand die Umdrehungszeit $24^h 48'$. — An der Venus endlich Cassini am 14. Oktober 1666 und genauer am 28. April 1667. — Endlich hat Cassini das große Verdienst, die räumlichen Verhältnisse des Zodiakallichts zuerst ergründet zu haben, und die Beobachtungen, welche er darüber vom März 1683 bis zum Jahre 1688 anstellte, enthalten so ziemlich alles, was wir gegenwärtig über dieses wichtige Phänomen wissen. Die erste Nachricht vom Zodiakallicht rührt übrigens von Childrey her, welcher in seiner *Britannia Baconica* vom J. 1661 eine deutliche Beschreibung der Erscheinung giebt¹⁾.

Mikroskop.

245. In gleicher Gestalt, wie Hooke das dioptrische und katoptrische Teleskop zu verbessern und zu benutzen suchte, war auch das Mikroskop ein Gegenstand seiner eifrigsten Forschung. Den Beweis dafür liefert seine *Micrographia or philosophical description of minute bodies*, London 1665, eins seiner berühmtesten und auch ersten Werke. Es enthält die Resultate einer großen Anzahl mikroskopischer Beobachtungen, welche Hooke durch eigenhändig in Kupfer gestochene Abbildungen veranschaulichte. Es sind wohl die ersten genaueren und umfassenderen mikroskopischen Beobachtungen, die wir überhaupt jetzt besitzen, denn von Torricelli's und anderer italienischen Physiker Beobachtungen ist nichts auf uns gekommen, wenigstens nicht bekannt, und zur Zeit, da die *Micrographie* erschien, war Hooke's berühmter Nebenbuhler auf diesem Felde, der Holländer Leeuwenhoek, noch nicht öffentlich aufgetreten.

Anton van Leeuwenhoek, dieser durch seine mikroskopischen Entdeckungen so gefeierte Naturforscher, war geboren 1632 zu Delft in Holland, welche Stadt auch Delph genannt wird, was Veranlassung gab, daß Leeuwenhoek wegen der vielen bis dahin unerhörten Dinge, die er kennen

¹⁾ v. Humboldt, Kosmos I, 409.

lehrte, mit dem Namen des delphischen Orakels belegt ward. Er starb 1723 in seiner Vaterstadt, wo sein Gedächtniß durch ein prachtvolles Denkmal in der Hauptkirche erhalten ist. Seine erste Abhandlung in den Philosophical Transactions datirt vom J. 1673; seine sämtlichen Werke, die 4 Bände füllen, erschienen erst holländisch, dann zwischen 1695 und 1719 lateinisch: *Arcana naturae ope microscopiorum detecta*, und sind neu edirt zuletzt 1722 in Leyden erschienen.

Leeuwenhoek beobachtete, und das ist sehr bemerkenswerth, nur mit einfachen bikonvexen Linsen, die er selbst mit großer Geduld und Geschicklichkeit anfertigte, und von denen er bei seinem Tode 26 der besten der Royal Society als Vermächtniß hinterließ. Es hat sich durch spätere Untersuchung der Linsen ergeben, daß sie keine stärkere Vergrößerung gewährten als eine 160fache, so daß man die vielen Entdeckungen, welche Leeuwenhoek damit machte, mehr seinem guten Auge und seiner großen Geschicklichkeit als der Kraft seiner Gläser zuschreiben muß. Auch Hooke bediente sich häufig der einfachen Linsen, die er zum Theil, wie kurz darauf der holländische Physiker Nikolaus Hartsoeker (1656—1725), vor der Lampe aus Glas schmolz, ein Verfahren, welches schon früher von Torricelli erfunden worden war.

Hooke's fernere Leistungen.

246. Zu den ferneren Leistungen Hooke's im Gebiet der instrumentalen Optik gehört: Eine Art Laterna magica, freilich noch keine tragbare, doch nicht allein mit Sonnen-, sondern mit Lampenlicht, also mehr als Porta's Laterna magica. Hooke beschreibt sie in den Philosoph. Transact. von 1668, doch war schon 1665 eine vollständig vorhanden. Ferner legte Hooke der Royal Society 1694 eine Camera obscura vor. Endlich gehört hierher noch sein Telegraph, den er am 21. Mai 1684 der Royal Society vorzeigte und in den Philosoph. Transact. von 1694 beschrieb. Hooke hat den vollsten Anspruch als Erfinder

des Telegraphen angesehen zu werden, denn sein Instrument ist älter als das von Amontons, der 1702 damit hervortrat. Hooke's Telegraph kommt im Wesentlichen mit dem überein, welchen der Franzose Chappe erfand, und unter dem Namen Semaphore (Zeichenträger) im J. 1792 dem National-Konvent überreichte; das Instrument von Hooke blieb aber wie so viele andere bis auf Chappe's Zeiten vorgeschlagene unausgeführt. Chappe hat das Verdienst, oder von den Umständen begünstigt, das Glück seine Erfindung in's Leben eingeführt zu haben, aber auf die Priorität derselben kann er keinen Anspruch machen, und er hatte daher gar keine Ursache sich aus Mißmuth, weil man ihm die Priorität nicht zuerkennen wollte, 1805 in einen Brunnen zu stürzen und so das Leben zu nehmen. Er war geb. 1763 in der Auvergne.

Von Hooke's Verdiensten um das Thermometer habe ich bereits gesprochen (§ 221). Im J. 1691, wo er der Royal Society die Beschreibung verschiedener Instrumente zur Untersuchung des Meeres in der Tiefe vorlegte, z. B. eines Bathometers oder Tiefenmessers und eines andern, um Wasser und andere Gegenstände vom Meeresgrunde heraufzuholen, gab er auch eine Art Minimum-Thermometer an, um die niedrige Temperatur in der Tiefe des Meeres zu beobachten¹⁾, desgleichen ein Verfahren die Taucherglocke mit Luft zu versorgen. Ebenso hat sich Hooke viel mit dem Barometer beschäftigt. Am bekanntesten in dieser Hinsicht ist er durch sein sogen. Radbarometer geworden, welches er 1665 in seiner Mikrographie beschrieb. Ferner erfand er ein Meerbarometer, im Wesentlichen ein Luftthermometer von ähnlicher Einrichtung wie das von Amontons, der es indess erst 1705 bekannt machte, während Hooke es schon 1700 beschrieben hatte. Er suchte auch das Huyghens'sche Doppelbarometer zu verbessern, indem er auf das Quecksilber in dem kurzen Schenkel nicht eine sondern zwei ver-

¹⁾ Philosophical experiments p. 225.

schiedene Flüssigkeiten goß. Auch hierin ist er **Amon-**
tons zuvorgekommen, da er diese Idee schon 1686 der
Royal Society mittheilte ¹⁾.

Es hätte nicht viel daran gefehlt und **Hooke** wäre statt
Mariotte der Begründer des barometrischen Höhenmessens
geworden. In seiner Mikrographie von 1665 berechnet er
wenigstens die Höhe der Atmosphäre nach dem Boyle'schen
Gesetz, in ziemlich ähnlicher Weise wie **Mariotte**, nur
daß er sich die Atmosphäre in Luftsäulen von 35 Fuß
Höhe getheilt denkt, diese anfangs überall von gleicher
Dichte annimmt und nun berechnet, wie sich diese Luft-
säulen von einer zur andern durch die Verminderung des
Drucks ausdehnen würden. Er kam dabei zu dem Resultat,
daß die Höhe der Atmosphäre unendlich sei, und da ihm
dieses widersinnig erschien, so glaubte er annehmen zu
müssen, daß das Boyle'sche Gesetz falsch sei, was er auch
durch eigens angestellte Versuche zu erweisen bemüht
war ²⁾.

Man sieht **Hooke** hatte nicht die Absicht das Baro-
meter zum Höhenmessen zu benutzen, er wollte nur die
Gesamthöhe der Atmosphäre kennen lernen, aber der
Weg, den er dazu einschlug, ist derselbe, der zur Hypso-
metrie führt. **Hooke** hat übrigens in seiner Mikrographie
die sehr richtige Bemerkung gemacht, daß man bei trigo-
nometrischen Höhenmessungen die Refraktion nicht ver-
nachlässigen dürfe, was damals noch ziemlich allgemein
geschah ³⁾.

Hooke ist ferner, wenn auch nicht der Erste, doch
einer der Ersten, der an das Ombrometer, den Regen-
messer, dachte. Er zeigte ein solches Instrument im J. 1670
der Royal Society vor, und zwar war dies kein einfaches
Ombrometer, sondern ein Register-Ombrometer, ein Instru-
ment, das die Menge des in dasselbe gefallenen Regens
selber anzeigen sollte. Es machte einen Theil seines sogen.

¹⁾ Philosophical experiments p. 169.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 32.

³⁾ Ibid. II, 150.

Wetter-Weisers aus, einer Uhr, die mit mehreren meteorologischen Instrumenten verbunden war, um deren Gang aufzuzeichnen. Wer das erste Ombrometer konstruirte ist schwer mit aller Bestimmtheit zu sagen; es ist möglicher Weise Mariotte, da er wenigstens Regenbeobachtungen zuerst zur Lösung einer wissenschaftlichen Frage, zu der Frage über den Ursprung der Quellen benutzte (§ 217), aber der *Traité du mouvement des eaux*, worin er seine Resultate mittheilte, ist erst 1686 nach seinem Tode erschienen. Uebrigens machte auch Townley ein Ombrometer bekannt in den *Phil. Transact.*, aber doch erst 1677, also 7 Jahre nach Hooke. Es unterschied sich von des Letzteren Instrument dadurch, daß das Regenwasser darin nicht dem Volumen sondern dem Gewichte nach bestimmt wurde. Es scheint übrigens, als hätten die florentiner Meteorologen zuerst Regenmesser gebraucht.

247. Bisher haben wir meist nur das mechanische Talent von Hooke in Betracht gezogen, jetzt wollen wir auch einen Blick auf seine physikalischen Beobachtungen und Entdeckungen werfen; sie sind nicht minder zahlreich als seine instrumentellen Erfindungen, und einige von ihnen sehr wichtig. Von den unbedeutenden will ich nur einige beiläufig erwähnen: über die Glasthränen¹⁾, Haarröhrchen²⁾, Luftwägung³⁾, Stärke und specifisches Gewicht des Eises⁴⁾, und Fallversuche zur Ermittlung der Rotation der Erde. Die letzteren stellte er 1679 an um Newton's Schluß zu prüfen, daß fallende Kugeln, wenn die Erde rotirt, nach Osten abweichen müßten. Da die Fallhöhe nur 27 Fuß betrug, so stellte sich kein entscheidendes Resultat heraus, obgleich Hooke eine östliche Abweichung zu bemerken glaubte.

Während Hooke bei diesem letzten Versuche gleichsam nur als Handlanger von Newton erscheint, hat er fünf

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* I, 293.

²⁾ *Ibid.* I, 311.

³⁾ *Philosoph. experim.* p. 24.

⁴⁾ *Ibid.* p. 130, 134.

Jahre früher ein kleines Werk herausgegeben, welches ihn in einer Beziehung als Vorläufer dieses großen Mannes dokumentirt. Es führt den Titel: *An attempt to prove the motion of the earth, London 1674*. Hierin spricht er Principien aus, die, wenn er sie hätte konsequent durchzuführen verstanden, ihn nothwendig zur Gravitationstheorie geführt haben würden. Namentlich sagt er:

1) Alle Himmelskörper sind nicht bloß gegen ihren eigenen Mittelpunkt schwer, sondern innerhalb ihres Wirkungskreises auch gegen einander.

2) Alle Körper, welche eine einfache und gradlinige Bewegung besitzen, fahren so lange fort sich in dieser graden Linie zu bewegen, bis eine Kraft sie ablenkt, und dann beschreiben sie einen Kreis oder eine Ellipse.

3) Je näher die Himmelskörper einander kommen, desto stärker ziehen sie sich an. Er fügt hinzu, er habe keine Untersuchung darüber angestellt, nach welchem Gesetz die Kraft mit der Annäherung zunehme, aber, sagt er, es könne sehr nützlich werden dies Gesetz zu entdecken. — Gewiß würde es zunächst für Hooke selber sehr nützlich gewesen sein, wenn er dies Gesetz entdeckt hätte, denn dann würde man ihn als Entdecker der Gravitationstheorie begrüßen können; aber das war ihm nicht gegeben, und er blieb wie Kopernikus, Keppler, Borelli auf halbem Wege stehn, obgleich er auf diesem vielleicht ein klein wenig weiter gegangen ist als diese Männer. Uebrigens kann man wohl vermuthen, daß Newton, der nie eine Sache aus den Händen gab, bevor sie nicht völlig reif geworden, um diese Zeit, nämlich 1674, wohl ebenso weit war als Hooke, denn wiewohl er bis zu diesem Jahre noch nichts veröffentlicht hatte, so weiß man doch, daß er die erste Idee zur allgemeinen Gravitation der Himmelskörper schon im J. 1666 faßte.

248. Am bedeutendsten sind Hooke's Verdienste um die Optik, und man muß es in seinem Interesse beklagen, daß er die wichtigen Beobachtungen und Entdeckungen, die er hier machte, nicht gehörig verfolgte, sei es nun,

dafs seine vielseitigen Geschäfte ihn daran hinderten, oder dafs, was ebenso glaublich ist, es nun einmal nicht in seiner Natur lag einen Gegenstand mit Ausdauer und Gründlichkeit zu erforschen.

Hierher gehört zunächst die Entdeckung der Farben dünner Blättchen und ihrer Periodicität, sowie die Dicke der Blättchen sich allmählich ändert. Er beobachtete diese Farben zuerst an Glimmerblättchen und beschrieb sie in seiner Mikrographie; dann zeigte er sie am 7. März 1672 in der Royal Society vor, zunächst an Seifenblasen, an denen sie freilich Boyle schon 9 Jahre früher beobachtet hatte (§ 209, No. 8). Allein Hooke brachte sie auch zwischen zwei Prismen hervor, die er auf einander drückte, und von denen das eine etwas konvex war. Dieser Versuch gab Newton Veranlassung den Gegenstand aufzunehmen, wodurch er denn zu der Theorie von den *fits* oder Anwandlungen des Lichts zur leichteren Reflexion und Refraktion geführt wurde.

Zu Anfang des Jahres 1675 legte Hooke der königl. Gesellschaft eine Abhandlung über die Lichtbeugung vor, in welcher er Beobachtungen beschreibt, die in der Hauptsache dieselben sind wie die, welche Grimaldi in seinem zehn Jahre früher erschienenen Werke bekannt gemacht hat. Man muß glauben, dafs Hooke nichts von Grimaldi gewußt habe, indess, wenn es auch wäre, so ist doch höchst merkwürdig, zu welchem Schluß Hooke durch seine Beobachtungen gelangte. Er kam nämlich durch dieselben wie Grimaldi zu dem Schluß, dafs das Licht in einer wellenartigen Bewegung eines allverbreiteten Mediums bestehen müsse. Es findet sich mancherlei Verworrenes und Unrichtiges in seinen Vorstellungen, aber in einem Punkt hat er im J. 1672 einen Satz ausgesprochen, der für die Lichtlehre von der höchsten Wichtigkeit ist. Er sagt nämlich:

Die Bewegung des Lichts in einem gleichförmigen Medium, in welchem sie erzeugt wird, pflanzt sich fort durch einfache und gleichförmige Impulse oder Wellen,

welche auf der Linie der Fortpflanzungsrichtung rechtwinklig sind.

Bekanntlich ist der letzte Satz erst in neuerer Zeit durch den genialen Fresnel wieder ausgesprochen und gleichsam zur Thatsache erhoben, indem er gezeigt hat, daß man ohne die Annahme rechtwinkliger Lichtschwingungen das Phänomen der Lichtpolarisation nicht erklären könne. Man kann indess wohl mit Recht sagen, daß dieser Satz bei Hooke mehr eine glückliche Eingebung als eine aus seinen Beobachtungen hervorgegangene Deduktion war, denn das Phänomen der Diffraction oder Deflexion, wie Hooke es nannte, bedarf dieses Satzes nicht. Es erklärt sich vollkommen, wenn man überhaupt nur eine Wellenbewegung des Lichtes annimmt, die Richtung der Schwingungen in den Wellen ist dabei ganz gleichgültig, und so hat denn auch in neuerer Zeit Thomas Young, und in den ersten Jahren selbst Fresnel, zur Erklärung der Diffraction keine anderen Lichtschwingungen angenommen als longitudinale. Aber der Ausspruch von Hooke bleibt doch immer merkwürdig, und er hätte wohl verdient von seinem Urheber mehr verfolgt und von den Zeitgenossen besser gewürdigt zu werden, als es in der That geschah. Hooke ließ die Sache liegen und sein genialster Gedanke ging verloren!

Hooke trug in bedeutendem Maße selbst die Schuld, daß sein Gedanke unbeachtet blieb; denn statt seine Untersuchungen zu verfolgen und seine Ideen von ihren Schlacken zu reinigen, eröffnete er einen heftigen Krieg gegen Newton, der in demselben Jahr 1672 seine Farben-theorie der Royal Society vorgelegt hatte.

Hooke hatte allerdings in dem Grundgedanken von dem Wesen des Lichts das Recht auf seiner Seite, allein, um es gegen einen so überlegenen Gegner wie Newton mit Erfolg durchzufechten, hätte er besser gerüstet sein müssen, als er es thatsächlich war. Seine Leidenschaftlichkeit einerseits und das Verworrene und Unrichtige vieler seiner Behauptungen andererseits, waren gewiß nicht

dazu geeignet den klaren und besonnenen **Newton** zu sich herüber zu ziehen. Wie hätten das z. B. Behauptungen vermocht wie die, daß es nur zwei Farben gebe, roth und blau, daß das Rothe der Eindruck einer Erschütterung des Lichts auf die Netzhaut sei, von welcher der stärkere Theil vorangehe, der schwächere folge, das Blau dagegen aus einer Erschütterung entspringe, deren schwächerer Theil vorangehe und deren stärkerer folge!

Der Angriff von **Hooke** und auch Anderen hatte weiter keinen Erfolg, als daß er **Newton** die Optik verleidete; über 20 Jahre lang konnte er sich nicht entschließen das beabsichtigte Werk, von welchem Bruchstücke in einzelnen Abhandlungen erschienen waren, heraus zu geben, und als endlich 1704 die Bitten seiner Freunde über ihn siegten, gab er es in englischer als einer im Auslande wenig bekannten Sprache heraus und bat, man möge es ohne seine Erlaubniß nicht in eine fremde Sprache übersetzen, was übrigens doch geschehen ist. Vielleicht mag auch zu dieser Zurückhaltung beigetragen haben, daß **Newton** selbst im Laufe der Zeit, wo das Undulationssystem in **Huyghens** einen kräftigeren Vertheidiger fand als **Hooke** es war, an der Unfehlbarkeit seiner Theorie etwas wankend wurde. Die Fragen im letzten Kapitel seiner Optik machen einen solchen Gedanken nicht ganz unstatthaft. Aber er hielt noch fest an der Emissionstheorie, und verschaffte ihr durch seine andererseits so wohl begründete Autorität auf mehr denn ein volles Jahrhundert die entschiedenste Oberherrschaft über ihre Gegnerin, die Undulationstheorie.

Huyghens.

249. **Christian Huyghens**, auch **Huygens**, lat. **Hugenius**, geboren am 14. April 1629 zu Haag, war der Sohn von **Konstantin Huyghens**, Herrn von Zelem und Zülichem, einem begüterten Manne, der sich zugleich als Dichter und als Mathematiker bekannt gemacht hat, und überdies die Stelle eines Kabinetstraths nacheinander bei drei Prinzen aus dem Hause Oranien bekleidete. Durch diesen seinen

Vater bekam unser Christian Huyghens den ersten Unterricht, namentlich in der Mathematik, für welche er schon im 13. Lebensjahr eine große Neigung, und was in der Regel damit verknüpft zu sein pflegt, ein ausgezeichnetes Talent offenbarte. Bereits im J. 1651, also im 22sten seines Alters, nachdem er auf den Universitäten Leyden und Breda die auf Wunsch seines Vaters ergriffenen Studien der Rechte abgeschlossen, und mit demselben im Gefolge des Grafen Heinrich von Nassau eine Reise nach Deutschland und Dänemark gemacht, legte er eine entschiedene Probe seines Talenten ab, welche zugleich den Beweis lieferte, daß er neben der Jurisprudenz auch die Mathematik unter Schooten, einem Kommentator des Descartes, fleißig kultivirt hatte. Es war die zu großem Ruf gelangte Schrift *Éléments cyclometriae Gregorii a S. Vincentio, Hagae 1647*, die ihm hierzu Gelegenheit gab. Er widerlegte deren Irrthümer aufs Bündigste in der Abhandlung: *Theoremata de quadratura hyperboles, ellipsis et circuli ex dato portionum gravitatis centro, Hag. 1651*.

Dieser Schrift folgten bis zum J. 1658 noch vier andere, gleichfalls mathematischen meist geometrischen Inhalts, und in demselben Jahr veröffentlichte er auch die erste Frucht seiner physikalischen Arbeiten. Auf wenigen Blättern in Quart, die er unter dem Titel *Horologium* den General-Staaten von Holland dedicirte, setzte er seine erste Erfindung, die wichtige Erfindung der Pendeluhrn auseinander. Die kleine Schrift war die Vorläuferin einer größeren, betitelt *Horologium oscillatorium*, die er 1673 in Paris herausgab, und in welcher er die Lehre vom Pendel und dessen Anwendungen vollständig entwickelte. Ein Jahr nach dem Erscheinen des *Horologium*, also 1659, publicirte er das nicht minder wichtige Werk: *Systema saturnium*, in welchem er die am Planeten Saturn gemachten Entdeckungen niederlegte.

Durch diese und andere Schriften, die sich ebenso sehr durch Neuheit und Wichtigkeit ihres Inhalts als durch Klarheit und Eleganz der Darstellung auszeichnen, erlangte

Huyghens einen solchen Ruf, daß er im J. 1663 bei einem Aufenthalt in England zum Mitglied der königl. Gesellschaft in London ernannt wurde. Zwei Jahre darauf 1665 erhielt er durch Colbert den ehrenvollen Antrag in die damals projektirte pariser Akademie der Wissenschaften einzutreten, welcher dieser große Minister Ludwig's XIV. durch Berufung mehrerer der ersten Berühmtheiten des Auslandes, wie u. A. auch des Astronomen Dom. Cassini, einen erhöhten Glanz zu geben trachtete. Die Bedingungen für Huyghens waren so vortheilhaft gestellt, daß derselbe keinen Anstand nahm dem Rufe zu folgen, und demgemäß vom J. 1666 an nach formeller Errichtung der Akademie seinen Wohnsitz in Paris aufzuschlagen.

Wahrscheinlich würde Huyghens zeitlebens in Paris geblieben sein, wenn nicht im J. 1681 die verhängnißvolle Aufhebung des Edikts von Nantes erfolgt wäre. Huyghens hielt es nun als Reformirter nicht mehr für rathsam unter einer gegen seine Religion so feindseligen Regierung länger zu leben; er verließ Paris und kehrte in sein Vaterland zurück. So stellen es Einige dar, Andere behaupten, es sei seine geschwächte Gesundheit gewesen, die ihn zu jener Rückkehr bewogen habe, und sie führen als Stütze dafür an, daß man Huyghens eigens die Versicherung gegeben habe, er für seine Person habe nichts zu fürchten. Ob diese Recht haben, oder ob Huyghens den ihm gemachten Versicherungen nicht trauend seine schwächliche Gesundheit nur als Vorwand zu seiner Demission benutzte, muß dahin gestellt bleiben. Thatsache ist es, daß er der bevorzugten Stellung, die er 15 Jahre lang unter allgemeiner Achtung bekleidet hatte, gänzlich entsagte, und in seine Heimath zurückkehrte, wo er bis zu seinem Tode als Privatmann im Haag lebte. Er starb am 8. Juni 1695 im 67sten Lebensjahre.

Durch glückliche Vermögensumstände der Sorge für äußere Lebensverhältnisse überhoben, war Huyghens unablässig mit physikalischen und mathematischen Untersuchungen beschäftigt, und selbst der Tod überraschte ihn

bei der Herausgabe eines Werkes über die Mehrheit der Welten, *Kosmotheoros* genannt. Seine Persönlichkeit entsprach seinem edlen Charakter. Ohne grade zur Melancholie zu neigen, war er von ernstem Wesen und wie meistens tiefe Denker, ein Freund der Zurückgezogenheit und eines kontemplativen Lebens. Selbst in Paris sah man ihn nur wenig in größeren Gesellschaften, auch war er, wie seine beiden großen Zeitgenossen *Newton* und *Leibnitz*, nie verheirathet.

Fast ein halbes Jahrhundert für die Wissenschaft thätig hat uns *Huyghens*, trotz einer sehr ausgebreiteten Korrespondenz und vielfältiger Reisen, mit einer bedeutenden Anzahl kleinerer und größerer Werke beschenkt, die alle das Gepräge seines eminenten Geistes an der Stirne tragen, und von denen einige ihrem Urheber für alle Zeiten den Namen eines Physikers ersten Ranges sichern. *Summus Hugenius* nennt ihn *Newton* mehr als einmal, damit gleichsam die Anerkennung der Ebenbürtigkeit seines Geistes aussprechend.

Die Werke des großen Mannes erschienen theils bei seinen Lebzeiten einzelt oder größeren Sammlungen einverleibt, wie den *Philosophical Transactions*, *Mémoires de Paris*, dem *Journal des savants* und den *Act. Eruditorum*, theils erst nach seinem Tode in der vollständigen Ausgabe seiner Werke, die sein Landsmann *s' Gravesande*, Professor der Physik und Mathematik zu Leyden veranstaltete, und von denen 2 Quartbände 1724 als *Opera varia*, 2 andere 1728 als *Opera posthuma et reliqua* erschienen. Eine sehr voluminöse Sammlung von Manuskripten und Briefen, die *Huyghens* bei seinem Tode der leydener Bibliothek vermachte, wird noch daselbst verwahrt, und aus ihr sind in neuerer Zeit mehrere sehr schätzbare Dokumente zur Feststellung der Geschichte jener Periode veröffentlicht worden.

Huyghens' Leistungen sind mannichfaltiger Art und erstrecken sich über das Gebiet der reinen Mathematik, der Mechanik, der physikalischen Astronomie und der Optik. Was die rein mathematischen betrifft, die meistens Geo-

metrie, zum Theil auch Wahrscheinlichkeitsrechnung zum Gegenstande haben, so glaube ich sie hier als nicht vor unser Forum gehörig übergehen zu können; aber diejenigen im Gebiet der Mechanik greifen so tief in den Gang der Entwicklung unserer Wissenschaft ein, daß ich zuvörderst einige Zeit bei ihnen verweilen muß.

Unter diesen mechanischen Entdeckungen nehmen die in Bezug auf das Pendel eine vorzügliche, und schon der Zeit nach eine der ersten Stellen ein. Sie entsprangen aus einem praktischen Streben, aus dem Bemühen die damals noch sehr unvollkommenen Uhren zu verbessern, welches Huyghens zunächst auf die so wichtige Erfindung der Pendeluhrn führte. Man hat und selbst noch in ziemlich neuer Zeit Huyghens die Ehre dieser Erfindung streitig machen wollen, aber sehr mit Unrecht, wenn gleich nicht geläugnet werden kann, daß Uhren und Pendel schon vor Huyghens' Zeit in Gebrauch waren. Um seine Verdienste in dieser Angelegenheit ins gehörige Licht zu setzen, wird es nicht unzumuthig sein, einen kurzen Rückblick auf die Geschichte der Uhren zu werfen.

Geschichte der Uhren.

250. Das Bedürfnis der Zeitmessung ist dem Wilden unbekannt, er lebt im eigentlichsten Sinne des Wortes gedankenlos in den Tag hinein; aber mit den ersten Anfängen der Civilisation mußte es sich mit Nothwendigkeit aufdrängen, und gewiß waren Aufgang, Untergang und höchster Stand der Sonne die ersten Momente, nach welchen er die Geschäfte seines alltäglichen Lebens regelte. Mit dem Erwachen des Sinnes für Astronomie, der sich noch ins graue Alterthum verliert, lernte man schon ein bestimmteres Zeitmaß kennen; man beobachtete die Länge des Schattens von einem aufrechten Körper, später dann auch die Bewegung dieses Schattens auf dem Boden. So entstanden die Sonnenuhren, die sich schon bei den alten Chaldäern vorfinden, und von diesen nebst der Ein-

theilung des Tages in 12 Stunden den Griechen zugeführt wurden; es soll durch den Chaldäer *Berosus* geschehen sein.

Auf die Sonnenuhren, die übrigens bis ins XVII. Jahrhundert mancherlei Verbesserungen und Abänderungen erfuhren, folgten die Wasseruhren, lat. *Clepsydra*, von κλέπτω stehlen und ὕδωρ Wasser, welche auch schon bei den alten Chaldäern und Aegyptern vorkommen, und sicher nicht von diesen allein erfunden worden sind, da sie ebenso wohl von Caesar bei den Völkern des alten Britanniens, als später von den Europäern bei den Indern und Chinesen in mehrfacher Gestalt angetroffen wurden. Eine der ältesten Formen war die eines hohlen Kegels, dessen nach unten gerichtete Spitze ein kleines Loch hatte, durch welches sich das im Hohlraum befindliche Wasser in einem Tage entleerte; die Höhe war entsprechend den 12 Stunden in 12 Theile getheilt. Für die längeren Tage ward ein solider Kegel, der an seiner Basis einen senkrecht aufsteigenden Stiel hatte, in den hohlen gesenkt; der Stiel war getheilt und wurde durch ein Gestell gehalten.¹⁾

Unter den Griechen wurden die Wasseruhren merklich vervollkommenet, besonders durch *Ktesibius* (140 v. Chr.) dem Lehrer *Hero's* von Alexandrien. *Ktesibius* gab ihnen nicht nur verschiedene künstliche oder künstlerische Gestalten, sondern verband mit ihnen auch, wie *Vitruv* bezeugt, ein Räderwerk. Durch ein solches wurden z. B. Steinchen in ein metallenes Becken geworfen und dadurch die Stunden angezeigt. Die Kunst der Anfertigung solcher zusammengesetzten Wasseruhren erhielt sich selbst nach dem Verfall des Griechenthums im Orient. Unter den Geschenken, die der Gesandte des Kalifen *Harun al Raschid* zu Anfang des IX. Jahrhunderts an *Karl den Großen* überbrachte, befand sich eine astronomische Wasseruhr, bei welcher die Stunden auf eine ähnliche Art durch kupferne Kugeln angegeben wurden (§ 27).

¹⁾ Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 408.

Vom Orient wanderte diese Kunst nach dem Occident, wo man sie im XV., XVI. und selbst im XVII. Jahrhundert außerordentlich kultivirte, freilich weniger in Bezug auf den Hauptzweck der richtigen Zeitmessung, als in Bezug auf unnöthige Zuthaten. Man konstruirte Uhren, die außer den Stunden des Tages, das Datum, die Feste des Jahres, den Lauf der Sonne im Thierkreise, die Länge der Tage und Nächte u. s. w. anzeigten. Auf dem Markusplatz in Venedig sah man im XVI. Jahrhundert eine von **Martinelli** verfertigte Wasseruhr, wo Mohren und die heiligen drei Könige die Stunden schlugen, und beim Hervortreten die Jungfrau Maria grüßten.

Dergleichen Thurmuhren gab es im Mittelalter in mehreren Städten von Italien, Frankreich und England, gleich wie sie noch jetzt in fast jeder chinesischen Stadt angetroffen werden. Die Werke von **Athanasius Kircher**, **Kaspar Schott**, **Harsdörffer** und anderen Schriftstellern des XVII. Jahrhunderts sind voll der Beschreibungen von solchen künstlichen, zum Theil höchst seltsamen Wasseruhren und Wasser-Automaten, während andererseits Männer wie **Galilei**, **Varignon** und **Bernoulli** es nicht verschmähten sich mit der Untersuchung zu beschäftigen, welche Gestalt ein Gefäß haben müsse, damit das Wasser in einer gegebenen Zeit gleichförmig ausfiesse.

Neben den Wasseruhren, zu denen in späteren Zeiten noch die Oel- und Quecksilberuhren hinzukamen, welche letzteren namentlich von dem berühmten Astronomen **Tycho Brahe** bei seinen Beobachtungen benutzt wurden, waren auch die Sanduhren in Gebrauch. Diese, obwohl sehr wahrscheinlich jüngeren Ursprungs als die Wasseruhren, waren doch auch schon den Chaldäern bekannt und gingen von ihnen zu den Griechen, wo wir sie namentlich bei **Archimedes** in der Gestalt unseres heutigen Stundenglases antreffen. Die Sanduhren erfreuten sich zwar nie eines so großen Beifalls wie die Wasseruhren, wurden aber doch im Laufe der Zeit immer mehr ver-

feinert, so daß sie selbst Minuten sollen angegeben haben. Solche Sanduhren sollen, wie uns P. v. Stetten in seiner Kunst - Gewerk - und Handwerksgeschichte der Stadt Augsburg erzählt, im XVI. Jahrhundert die Stutzer dieser Stadt am Knie getragen haben. In dem gewerbfleißigen Nürnberg bildeten die Sanduhrenmacher eine Gilde, und noch zu Huyghens' Zeiten versuchte man die Sanduhr in der Schifffahrt zur Auffindung der Meereslänge zu benutzen.

251. Einen bedeutenden Fortschritt in der Kunst der Zeitmessung bildete der Uebergang von diesen hydraulischen Uhren zu den Räderuhren mit Gewichten. Wer aber diese wichtige Erfindung gemacht, wann und wo sie gemacht worden, das liegt vollständig im Dunkeln. Einige haben in dem zu seiner Zeit berühmten Kunstwerk, welches der erfinderische und gelehrte Gerbert, nachmaliger Papst Sylvester II. im J. 996 zu Magdeburg errichtete, eine eigentliche Räderuhr erblicken wollen, allein es giebt hinreichende Gründe, daß es keine solche war, sondern entweder eine kunstvolle Wasseruhr oder ein Planetarium.

Es läßt sich überhaupt nicht einmal beweisen, daß die Räderuhren eine europäische Erfindung sind, mancherlei Vermuthungen sprechen dafür, daß die Saracenen früher im Besitz derselben waren.¹⁾ So erhielt Kaiser Friedrich II., der Hohenstaufe, im J. 1232 vom Sultan von Aegypten eine vollständige Uhr mit Rädern und Gewichten zum Geschenk, die außer den Stunden des Tags und der Nacht den Lauf der Sonne, des Mondes, der Planeten und der übrigen Sterne anzeigte.

Die ersten Spuren von Räderuhren kommen im XI. Jahrhundert vor, wenigstens werden Uhren aus dieser Periode häufig mit Ausdrücken erwähnt, die weder auf Sonnenuhren, noch auf Wasseruhren, noch auf Planetarien passen. Sie fanden sich gewöhnlich in Kirchen und Klöstern, und zeigten nicht nur die Stunden, sondern schlugen auch zu gewissen Zeiten an eine Glocke; sie dienten somit als

¹⁾ Libri, Hist. des sc. math. I, 214; II, 218.

Wecker, aus denen dann später eigentliche Schlaguhren wurden. Zu Anfang des XII. Jahrhunderts waren indeß noch nicht alle Klöster mit solchen Uhren versehen. So weiß man, daß im J. 1108 der Sakristan oder Kirchendiener des Benediktinerklosters Cluny die Verpflichtung hatte des Nachts auf den Stand der Gestirne zu achten, um die Zeit zu erkennen, wann die Mönche zu ihren nächtlichen Gebeten zu wecken wären.

Im XIII. Jahrhundert mehrten sich dergleichen Thurmuhren und zwar mit förmlichen Schlagwerken. Einer der ersten, der ihrer erwähnt, ist der gefeierte Dichter **Dante Alighieri** (1265—1321) im Canto X des Paradieses. Besonders waren sie häufig in Italien, wo namentlich **Jakob** und **Johann Dondi** zu Padua eine große Berühmtheit durch Anfertigung solcher Uhren erlangten; **Jakob Dondi** starb 1359, **Johann Dondi** lebte noch 1389. Aber auch in andere Länder fand die neue Erfindung frühzeitig Eingang; 1288 bekam die Westminsterhalle zu London eine Schlaguhr, 1292 die Kirche von Canterbury.

Nach Deutschland kamen die Uhren wahrscheinlich aus Italien, da sie anfangs alle die Tageseintheilung der Italiener in 24 Stunden von Untergang bis Untergang der Sonne hatten, wobei natürlich die Stunden im Lauf des Jahres ungleich waren. In Breslau wurde erst 1580 diese Eintheilung abgeschafft, und dafür die sogenannte halbe Uhr von 1 bis 12 eingeführt. In Deutschland machte übrigens die Uhrmacherkunst im XIV. Jahrhundert bedeutende Fortschritte. Das beweist nicht allein der Umstand, daß vom J. 1368 bis 1395 die Städte Breslau, Straßburg, Speier und Augsburg Thurmuhren bekamen, sondern vorzüglich die Thatsache, daß König Karl V. von Frankreich einen Deutschen **Heinrich v. Wick**, auch **Wyck** oder **Vic**, im J. 1364 nach Paris kommen ließ, um dort auf dem Thurm seines Palastes eine Schlaguhr zu errichten, wofür er ihm freie Wohnung und täglich das bedeutende Gehalt von 6 Sous bewilligte (§ 237). Diese Uhr existirte noch im J. 1737 und man hat von ihr eine Abbildung und ge-

naue Beschreibung. Daraus erhellt, daß sie mit einem förmlichen Echappement versehen war, bei welchem die Zähne eines Steigrades in die Lappen einer Spindel griffen, an welcher oben ein Kreuz mit verschiebbaren Gewichten hin und hergeworfen wurde.¹⁾

Zu astronomischen Beobachtungen wurden die Gewichtsuhren zuerst in Nürnberg ums J. 1484 von dem reichen Patricier Bernhard Walter angewandt. Ihm folgte der wissenschaftliebende Langraf Wilhelm von Hessen zur Zeit des Kopernikus, und später der berühmte Tycho Brahe, der 4 solcher Räderuhren besaß, welche Stunden, Minuten und Secunden angaben, aber freilich noch von sehr roher Konstruktion waren, und deshalb, wie er selbst klagt, noch einen sehr unzuverlässigen namentlich vom Wetter abhängigen Gang besaßen. Sie waren dem Baue nach eine Art Thurmuhren, eins der Räder hatte nicht weniger als drei Fuß Durchmesser und 1200 Zähne, und mußte bisweilen mit dem Hammer nachgeholfen werden. Im Laufe des XVI. und der ersten Hälfte des XVII. Jahrhunderts mehrten und besserten sich die Räderuhren zusehends, so daß zu Huyghens' Zeiten eine jede nur einigermaßen wohl ausgerüstete Sternwarte, und mindestens der Hauptthurm in jeder einigermaßen bedeutenden Stadt des civilisirten Europas mit einem solchen Werkzeug der Zeitmessung versehen war.

Aber bei alledem waren diese Uhren sehr mangelhaft; und erfüllten den Zweck ihrer Konstruktion nur höchst unvollkommen; daher kam es denn auch, daß Galilei, nachdem er die Regelmäßigkeit der Pendelschwingungen erkannt hatte, nur dieses einfache Instrument statt aller damaligen Uhren zu seinen Zeitmessungen anwandte, und es sowohl in seinen Briefen als in seinem *Systema cosmicum* und seinen *Dialoghi dei moti* Andern zu gleichem Zweck empfahl. Mersenne, Torricelli, Riccioli und die

¹⁾ Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 114.

florentiner Akademiker benutzten keinen anderen Zeitmesser als das freie Pendel.

Ein frei schwingendes Pendel aber, so vorzügliche Dienste es auch für kurze Zeiten leistet, führt, wenn die Beobachtungen länger fortgesetzt werden sollen, zwei große Uebelstände mit sich. Fürs Erste müssen die Schwingungen einzeln gezählt werden, und das ist bei einer großen Anzahl derselben nicht nur eine sehr lästige, sondern auch leicht zu Fehlern Anlaß gebende Arbeit. Zweitens nehmen die Schwingungsbogen in Folge des Luftwiderstandes und der Reibung auf der Axe ab, und die kleineren Schwingungen geschehen in kürzerer Zeit als die größeren. Galilei war allerdings nicht ganz unbekannt mit dem letzten Uebelstand; allein es geschah doch nur in der Absicht, das mühsame Zählen zu beseitigen, daß er in den letzten Jahren seines Lebens daran dachte mit dem Pendel ein Räderwerk zu verbinden, und da er selbst schon erblindet war, die Ausführung dieser Idee seinem Sohn Vincenzo übertrug. Dieser kam damit denn auch wirklich im J. 1649, also sieben Jahre nach seines Vaters Tod zu Stande, wie namentlich in den Denkschriften der florentiner Akademie bezeugt wird, wo sogar das von ihm dargestellte Instrument abgebildet ist.

Dies war der Stand der Sache, als Huyghens sich ihrer bemächtigte. Uhren hatte man und Pendel, selbst Pendel mit einem Zählerwerk, aber darum noch lange keine Pendeluhrn!

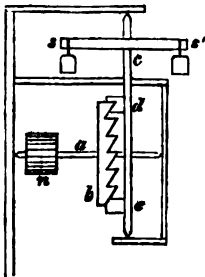
252. Eine Pendeluhr ist die Kombination eines Pendels mit einem Räderwerk, welches einen doppelten Dienst zu verrichten hat, einmal die Schwingungen des Pendels zu zählen, und dann die kleinen Kraftverluste, welche dieses in Folge des Luftwiderstandes und der Reibung am Aufhängepunkt erleidet, fortdauernd zu ersetzen ohne das Pendel in seinem Gange zu stören. Zu diesem Behuf muß es durch eine äußere Kraft, sei es nun die eines Gewichts oder einer elastischen Feder, angetrieben werden,

und indem es dabei fortwährend einen Theil seiner Kraft an das Pendel abgibt, wird es von diesem in seinem Gange regulirt. Ein Werkzeug gestützt auf solche Wechselseitigkeit existirte bis auf Huyghens nicht. Alle Uhren vor ihm wurden nicht durch das Pendel regulirt, und umgekehrt war das Instrument von Galilei ein bloßes Zählerwerk des Pendels, das nothwendig in nicht gar langer Zeit zum Stillstand kommen mußte.

Wie nun aber waren die Uhren vor Huyghens eingerichtet, da sie nicht vom Pendel regulirt wurden, und doch einigermaßen richtig gingen? Die Antwort hierauf ist, daß diese Uhren allerdings einen Regulator besaßen, denn ohne denselben würde das Räderwerk nothwendiger Weise in sehr kurzer Zeit schnurrend abgelaufen sein, aber der Regulator war unvollkommener Art, und gewährte nicht die Sicherheit des Pendels.

Die allerersten Räderuhren, Gewichts- wie Federuhren, besaßen wahrscheinlich keinen anderen Regulator als den Windfang oder Windflügel, welchen man noch jetzt bei Spieluhren oder Spieldosen anwendet, weil er den Vortheil gewährt, daß er dem Uhrwerk einen stetigen und nicht ruckweisen Gang verleiht. Der Widerstand der Luft gegen die Flügel einer Welle sind hier das Hemmende des Räderwerks. In späterer Zeit wurde der Windfang durch die sogenannte Bilanz verdrängt, und damit machte man auch die wichtige Erfindung des Echappements, der Hemmung oder des Stosswerks.

Fig. 30.



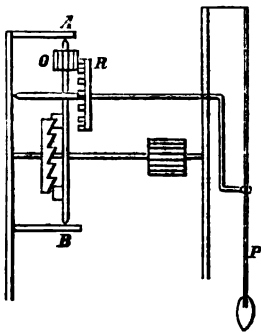
Zu Huyghens' Zeit hatte man im Wesentlichen zwei Arten von Bilanzen, eine vertikale und eine horizontale; die erste hatte folgende Einrichtung: Die Welle *a*, Fig. 30, wird vom Räderwerk mittelst des Getriebes *n* gedreht und mit ihr das daran befindliche Steigerad *b*. Vor diesem steht senkrecht die Spindel *c* mit den beiden Lappen *d* und *e*, welche um etwa einen rechten Winkel gegen einander

geneigt sind, so daß nie beide gleichzeitig von den Zähnen des Steigerades berührt werden. Mit der Spindel stand die Bilanz oder Unruhe ss' in Verbindung, welche anfangs aus einer beschwerten Eisenstange, später aus einem Ringe bestand. Wird nun durch einen Zahn des Steigerades der Lappen d fortgestoßen, so dreht sich die Spindel und es gleitet in Folge dessen der treibende Zahn bald von d ab, gleichzeitig aber bewegt sich der Lappen e gegen einen der unteren Zähne von b und hemmt dessen Lauf, bis die Unruhe die ihr eben ertheilte Schwingung vollendet hat. Dann stößt der bis dahin gehemmte Zahn den Lappen fort, und zwar nach entgegengesetzter Richtung als der Lappen d getrieben wurde. Dieser fällt jetzt in den nächst folgenden Zahn oben ein, und der ganze Vorgang wiederholt sich, so daß die Spindel stets hin und her geworfen wird. Bei jeder Schwingung erleidet das Steigerad und damit auch das Räderwerk eine Hemmung, welches also periodisch fortrückt, und nur einen erheblich verlangsamten Fall des Gewichts zuläßt. In dieser Art war namentlich die Uhr des Heinrich v. Wyck eingerichtet, die noch im J. 1737 existirte und von Julien le Roy beschrieben worden ist (§ 237, 251).

Bei der horizontalen Bilanz lag die Spindel horizontal und die Welle mit dem Steigerade stand senkrecht.

Huyghens wählte bei seinen ersten Versuchen das Echappement mit vertikaler Spindel und änderte es fol-

Fig. 31.



gendermaßen ab. Das kleine Rad O , Fig. 31, an der Spindel AB hatte wie das darein greifende Rad R keine drehende Bewegung, sondern nur diejenige, welche ihm von dem schwingenden Pendel P gegeben wurde. R hatte den zwei- bis dreifachen Durchmesser von O , und so brauchte das Pendel nur ganz kleine Schwingungen zu machen, um das Uhrwerk in Gang zu halten.

Diese Einrichtung war es, welche er im December 1656 in seinem 27. Lebensjahr ersann. Am 16. Juni 1657 erhielt er auf dieselbe ein Patent von den General-Staaten, worauf er sie 1658 in der kleinen Schrift *Horologium* beschrieb und abbildete.

Der Werth der neuen Erfindung wurde sogleich allgemein anerkannt; kaum war sie durch die kleine Schrift verbreitet worden, als man auch schon anfang die alten Bilanzen von den Uhren auszuheben und dafür Pendel einzusetzen. Man nahm Pendel von 12 bis 20 Fuß Länge mit Linsen daran von 30 Pfund. Die Thurmuhren von Scheveningen bei Haag und in Utrecht gehörten zu den ersten, die mit der neuen Erfindung versehen wurden. Eine Unzahl von Gratulationsbriefen aus allen Ländern Europas und von Männern des verschiedensten Standes, die man in dem Nachlaß von Huyghens aufgefunden hat, beweist, mit welchem Enthusiasmus die Erfindung aufgenommen wurde.

253. Huyghens begnügte sich indess nicht mit diesem ersten Schritt. Er hatte eine Unvollkommenheit an seiner Vorrichtung entdeckt, und suchte sie zu verbessern. *Nihil actum reputans, si quid superesset agendum* war sein Wahlspruch. Schon am 31. Januar 1659 spricht er in einem Briefe an einen Herrn Mylon in Paris, daß er von dem Echappement mit vertikaler Spindel zu dem mit horizontaler übergegangen sei, das Getriebe mit Zahnrad fortgelassen, aber dafür zwei kleine Stücke hinzugefügt habe, um die Ungleichheiten in den Schwingungen des Pendels aufzuheben. Und im December desselben Jahres meldete er seinem früheren Lehrer der Mathematik, dem Professor Schooten in Leyden, daß jene Stücke aus zwei gekrümmten Blechen bestehen, zwischen welchen das Pendel seine Schwingungen vollführe, hinzusetzend, es sei ihm gelungen, was er nie geglaubt habe, nämlich die Kurve aufzufinden, längs welcher ein Pendel alle seine Schwingungen, kleine wie große, in gleicher Zeit vollende.

Erst 13 Jahre später in seinem berühmten Werk *Horologium oscillatorium*, welches im J. 1673 erschien, und welches man nicht verwechseln darf mit der kleinen Schrift von 1658, die bloß den Titel *Horologium* führte, machte er diese interessante Entdeckung bekannt, von der es sich freilich späterhin zeigte, daß sie grade keinen praktischen Werth besitzt. Die Eigenschaft, welche er suchte, um die Ungleichheit in der Amplitude oder Schwingungsweite seiner Pendel zu berichtigen, fand er an der Cykloide oder Radlinie, d. h. an der Kurve, die ein Punkt am Umfang eines Rades beschreibt, wenn es auf einer graden Linie fortrollt.

Er fand, daß auf dieser Kurve ein jeder Bogen, sei er groß oder klein, in gleicher Zeit durchfallen werde, weil die beschleunigende Kraft an jedem Punkt der Kurve sich verhält wie der noch zu durchlaufende Bogen, vorausgesetzt daß, wie es an demselben Beobachtungsort wirklich der Fall ist, die Schwerkraft an allen Punkten der Kurve gleiche Richtung und gleiche Stärke hat. Wegen dieser Eigenschaft nannte er die Cykloide: *Linea tautochrone* oder schlechthin *Tautochrone*. Zugleich entdeckte er noch eine zweite Eigenschaft an der Cykloide, nämlich die, daß sie durch Abwicklung wiederum eine Cykloide giebt, oder anders gesagt, daß die Cykloide die *Evolute* ihrer selbst ist. *Huyghens* ist überhaupt der Urheber der Theorie der Evolution oder Abwicklung der Kurven, die er in seinem *Horologium oscill.* freilich nach dem Styl der älteren Geometrie auseinander setzte.

Von diesen beiden Eigenschaften machte er nun eine sinnreiche Anwendung auf das Uhrpendel. Er formte zwei cykloidische Bleche, schraubte sie oben an einem festen Querriegel zusammen und ließ zwischen beiden einen Faden herabgehen, an welchem er das Pendel aufhing. Letzteres wurde umfaßt von der Oese einer Stange, die an der horizontalen Spindel saß, in deren Lappen die Zähne des Steigerades vom Räderwerk eingriffen. Beim Schwingen dieses Pendels mußte sich nothwendig der

Faden an die Bleche legen, und somit gemäß der eben angeführten zweiten Eigenschaft der Cykloide das Ende desselben eine Cykloide beschreiben. Dasselbe mußte das ganze Pendel thun, da es innerhalb der Gränze, die seinen Amplituden gesteckt war, stets die Tangente der Cykloide oben bildete. Innerhalb dieser Gränze konnten demnach die Schwingungen des Pendels klein oder groß sein, es vollbrachte sie alle in gleicher Zeit.

Dieses Verfahren die Pendelschwingungen isochron zu machen, ist gewiß sehr sinnreich und vom mathematischen Gesichtspunkt aus auch streng richtig; allein in praktischer Hinsicht bietet es große Schwierigkeiten dar, und daher hat man es späterhin verlassen. Denn 1) ist es sehr schwierig den Blechen eine genau cykloidische Form zu geben, obwohl Huyghens dazu ein, mathematisch betrachtet, ganz richtiges Verfahren anwandte. Er rollte einen Cylinder auf einer Ebene fort, und hatte an dessen Umfang einen Stift befestigt, der auf einer daneben befindlichen Tafel eine Cykloide beschrieb, nach welcher er dann die Bleche ausschnitt. 2) Es hat der Faden, aus welchem Material man ihn auch nehme, immer einige Steifigkeit, und daher legt er sich nicht genau an die Bleche an. Fürs Dritte aber ist die ganze sinnreiche Vorrichtung überflüssig, indem man es bei einer größeren Vollkommenheit des Echappements fast mathematisch genau dahin bringen kann, daß die Amplituden der Schwingungen gleich groß werden. Bei gleicher Größe der Amplituden sind aber alle Schwingungen isochron, sie mögen in Kreisbogen, in cykloidischen, elliptischen oder irgend welch' anderen Bogen vollführt werden.

Daher läßt man denn jetzt die Pendel nur in Kreisbogen als den einfachsten schwingen, d. h. man verfertigt sie der ganzen Länge nach aus einem soliden Material, das entweder auf einer Axe ruht, oder wenn es in einer Feder ausläuft, oben bloß in einem Punkt oder einer Linie eingeklemmt ist. Selbst wenn das Pendel an einem Faden aufgehängt ist, eine Einrichtung, die man der leichten

Ajustirung wegen wohl bei den heutigen Setzuhren antrifft, schwingt dieser Faden um einen Punkt.

Schon bei Lebzeiten Huyghens' ging man von der cykloidischen Vorrichtung ab, und kehrte zu der ersten Huyghens'schen zurück. Man nahm sehr schwere Pendel, und liefs sie nur kleine Bogen beschreiben. Dies thaten namentlich R. Hooke und Derham, sowie auch der londoner Uhrmacher William Clement. Letzterer machte diese Einrichtung erst recht praktisch, indem er ums J. 1680 den englischen Haken oder die Anker-Hemmung erfand, eine Erfindung, auf welche auch R. Hooke Anspruch macht, und welche später eine Unzahl anderer Echappements ins Leben gerufen hat.

254. In praktischer Hinsicht gewährten also die cykloidisch geformten Bleche keine gröfsere Vollkommenheit der Uhren, sie gaben aber Veranlassung, dafs man sich von wissenschaftlicher Seite näher mit der Cykloide beschäftigte, und daran noch eine andere merkwürdige Eigenschaft entdeckte. Es war der grofse Mathematiker Johann Bernoulli, dem wir diese Entdeckung verdanken. Er hatte sich die Aufgabe gestellt: Es sind zwei Punkte gegeben, die weder in einer vertikalen noch einer horizontalen Ebene liegen, und es soll ein Körper von dem einen zu dem andern herunter fallen; längs welcher Kurve mufs der Körper herabfallen, damit die Zeit ein Minimum sei? Er fand, dafs dies nicht etwa die grade Linie, sondern die Cykloide sei, deshalb nannte er sie die Linie des kürzesten Falles, *Linea brachystochrona*. Die Cykloide bietet also die Merkwürdigkeit dar, dafs sie tautochron und brachystochron zugleich ist.

Nach Sitte der damaligen Zeit, die unter den Mathematikern am Schlufs des XVII. und Anfang des XVIII. Jahrhunderts eine außerordentliche Thätigkeit hervorrief, die sich aber seitdem überlebt zu haben scheint, da man sie trotz mehrfacher Bemühungen in neuerer Zeit nicht wieder hat ins Dasein rufen können, legte Joh. Bernoulli die Aufgabe seinen Zeitgenossen im J. 1696, ein Jahr nach Huyghens'

Tod, in den *Actis Eruditorum* vor, ohne die Lösung mitzutheilen, für welche er eine Frist von 6 Monaten aussetzte.

Leibnitz, damals mit vielen anderen Dingen beschäftigt, erbat sich einen Aufschub von 6 Monaten, erhielt ihn und löste dann die Aufgabe. Allein dieser Aufschub gab Veranlassung, daß noch drei Lösungen einliefen: eine von **Newton**, der die Aufgabe erst zu Anfang des J. 1697 kennen gelernt hatte; eine zweite von **Jakob Bernoulli**, dem älteren Bruder **Johann's** und eine dritte vom **Marquis de l'Hôpital**, einem Schüler von **Joh. Bernoulli**. **Leibnitz**, **Newton** und **l'Hôpital** begnügten sich kurz das Resultat anzugeben, **Jakob Bernoulli** aber setzte seine sinnreiche Methode zugleich auseinander und spann die Sache weiter fort, indem er sich an seinem Bruder, mit dem er in Mißhelligkeiten gerathen war, durch Vorlegung ähnlicher sehr schwerer Aufgaben zu reiben suchte. Das berühmteste unter diesen Problemen ist das isoperimetrische, welches **Jakob** 1697 vorlegte, und von **Johann**, nachdem er sich einige Male geirrt, im J. 1718 gelöst wurde.

Die **Bernoulli's** stammen aus den Niederlanden. **Jakob Bernoulli**, geb. 1598, verließ wegen der durch die Verwaltung des Herzogs von Alba über die Niederlande verhängten Religionsbedrückungen seine Heimath Antwerpen, und ließ sich in Basel nieder. Sein Sohn **Nikolaus** (1623 bis 1708) hatte 11 Kinder, von denen **Jakob** das fünfte und **Johann** das zehnte war.

Jakob Bernoulli wurde geb. 1654 in Basel, war Professor der Mathematik in seiner Vaterstadt und starb daselbst 1705.

Johann Bernoulli war geb. 1667 zu Basel, bekleidete seit 1695 die Professur der Mathematik in Gröningen, dann nach dem Tode seines Bruders die in Basel, wo er 1748 starb. Er hat sich auch durch verschiedene physikalische Untersuchungen bekannt gemacht, derentwegen ich ihn später noch nennen werde.

Beide Brüder glänzen als Sterne erster Größe in der Geschichte der Mathematik, sie waren gleichsam die Apostel der neueren durch **Leibnitz** den Mathematikern verkündeten

Lehre des Infinitesimalkalküls, und geraume Zeit mit ihrem Meister allein in die Geheimnisse desselben eingeweiht. Die Familie Bernoulli ist überhaupt reich an mathematischen Genies, darunter auch der in der Physik vielfach genannte Daniel Bernoulli; er war der Sohn von Johann Bernoulli, geb. 1700 zu Gröningen und gest. 1782 zu Basel.

Der gleichfalls oben erwähnte Marquis François de l'Hospital oder l'Hôpital ist geb. 1661 zu Paris, wo er auch 1704 starb; er war seit 1690 Ehrenmitglied der pariser Akademie.

255. Um wieder auf Huyghens zurückzukommen, muß ich damit beginnen, daß, wiewohl er die Freude erlebte, seine große Erfindung sogleich in vollem Lichte erkannt zu sehen, er doch auch den Verdrufs hatte, daß man ihm die Ehre derselben streitig zu machen suchte. Er selbst beschwert sich darüber zwar ruhig, aber in ganz entschiedener Weise in der Vorrede zu seinem *Horologium oscillat.* von 1673. Noch nachher sind die Anschuldigungen mehrfach wiederholt, ja sie finden sich in der Hauptsache zusammengestellt in einem erst 1772 zu Lucca erschienenen Werk, nämlich im dritten Bande der *Elogi degli uomini illustri di Toscana*. Dasselbst heißt es: *Wir besitzen Briefe von Galilei an Beaugrand nebst anderen an Reaal und Hortensius, welche außer Viviani unzweifelhaft beweisen, daß Galilei wirklich die Anwendung des Pendels auf die Uhr erfand. Es ist Elia Deodati, welcher im J. 1637 eine Beschreibung der von Galilei erfundenen Pendeluhr an den Vater des berühmten Huyghens übersandte, und Becher (der Chemiker, s. § 197) fügt hinzu, daß auch ein Modell von derselben nach Holland geschickt wurde. Dies reicht hin um Huyghens und Andere zu widerlegen, welche Italien nicht die Ehre dieser großen Erfindung gönnen wollen.*

Diese Aussage klingt sehr bestimmt, ist aber nichts desto weniger ganz aus der Luft gegriffen, wie der verstorbene Professor van Swinden zu Amsterdam auf eine sehr ausführliche und unwiderlegliche Art im J. 1822 dar-

gethan hat ¹⁾. Van Swinden hatte Gelegenheit den reichen Nachlaß von Huyghens an Manuskripten und Briefen, der zu Leyden aufbewahrt wird, zu durchmustern, und dadurch sah er sich in den Stand gesetzt, jene Anklage Punkt für Punkt als unbegründet nachzuweisen; ich will einiges daraus hervorheben.

Von Briefen Galilei's an Beaugrand giebt es in der gedruckten Ausgabe seiner Werke nur einen, datirt vom November 1633, wo er kurz sagt, er habe eine genaue Uhr (giusto orologio) verfertigt, die nicht nur in einer Stunde, sondern selbst in einem Tag und in einem Monat zu keinem Fehler von einer Sekunde Anlaß gebe, ohne übrigens die Uhr im Geringsten zu beschreiben. — Ob noch andere Briefe an Beaugrand vorhanden sind? aber schwerlich können diese mehr enthalten, als andere, die Galilei ums J. 1636 durch Vermittlung von Deodati in Paris an verschiedene Personen in Holland sandte, als er damit umging sein Verfahren, die Meereslänge durch die Jupitertrabanten zu finden, den General-Staaten in Holland zu verkaufen. Es sind Briefe an Reaal, den ehemaligen Gouverneur des holländischen Ostindiens, an den berühmten Hugo Grotius, an Hortensius (Van den Hove), Prof. der Mathematik zu Amsterdam u. Andere. Hortensius wurde von den General-Staaten erwählt, zu Galilei zu reisen, um dessen Vorrichtungen in Augenschein zu nehmen, ward aber durch seinen 1639 erfolgten Tod an dieser Reise verhindert (§ 115).

In den genannten Briefen beschreibt nun Galilei seinen Orologio oder Oriuolo ganz deutlich, und daraus geht hervor, daß diese Uhr ein bloßes Pendel war in Gestalt eines Kreissegments von 12 bis 15° und 16 bis 24 Zoll Radius, welches er auf einer Axe von Stahl mit scharfer Schneide schwingen ließ. Ebenso enthalten die Briefe, welche Deodati allerdings im J. 1637 an Huyghens' Vater in Be-

¹⁾ Edinb. phil. Journ. VI, 196; VII, 35 aus den Denkschriften des niederländ. Instituts.

treff der eben genannten Verhandlung schrieb, nichts anderes als in Galilei's gedruckten Werken steht. Von einer durch Galilei übersandten Uhr ist nicht die Rede, nur von dem Anerbieten den General-Staaten, wenn sie es wünschen würden, auſser einem zur See dienlichen Fernrohr, die Konstruktion der von ihm erfundenen Uhr zu übersenden.

Am bestimmtesten könnte gegen Huyghens der Passus in den Saggi der Accademia del Cimento sprechen, welcher heisst:

Die Akademiker hielten es für zweckmässig der Uhr ein Pendel hinzuzufügen nach dem Beispiele von dem, was Galilei zuerst von Allen erfunden, und sein Sohn Vincenzo schon im J. 1649 ausgeführt habe.

Allein dagegen ist zu bemerken, dass die Saggi im J. 1667, also zehn Jahre nachdem Huyghens ein Patent auf seine Erfindung genommen hatte, erschienen, und dass die darin abgebildete Uhr keine Aehnlichkeit mit der von Huyghens hat, und nichts weiter als ein Zählerapparat war. Dass man selbst im J. 1659 noch keine wahre Pendeluhr in Florenz hatte, geht aus Briefen hervor, die der Fürst Leopold von Medici in diesem Jahr an den Astronomen Boulliau in Paris schrieb, als Erwiderung auf die von Letzterem an ihn gesandte Schrift von Huyghens.

Boulliau sandte Kopien von diesen Briefen an Huyghens, welche noch vorhanden sind, und aus diesen ersieht man aufs Klarste, dass die Ansprüche der Italiener völlig unbegründet sind. Jene Schriftstücke enthalten rohe Skizzen der Uhren, von denen der Prinz sagt, dass die eine von Galilei angefangen sei, und von einer anderen, dass sie sich auf dem großherzoglichen Palast zu Florenz befinde, die aber auch noch nicht fertig gewesen zu sein scheint, da er hinzusetzt, man erwarte gute Dienste von ihr. Es sind auch nur Pendel mit Räderwerken ohne Gewichte, *Numeratore del tempo*, wie Galilei einmal von der seinigen sagt.

Hieraus erhellt zur Genüge, was von der Angabe Becher's zu halten ist, daß eine galileische Uhr nach Holland gesandt worden sei. Die Angabe ist aus einer Schrift genommen, welche Becher unter dem Titel: *De nova temporis dimetiendi ratione et accurata horologiorum ratione* im J. 1680 der königl. Gesellschaft zu London überreichte, und voll der größten Beschuldigungen gegen Huyghens ist. Unter Anderem sagt er darin, er habe vom Grafen Magalotti, dem Verfasser der *Saggi* der Acc. del Cimento und damals großherzogl. Gesandter in Wien, die ganze Geschichte der Uhren erfahren, und dasselbe habe ihm zu Augsburg ein gewisser Treffer, früher Uhrmacher beim Großherzog Ferdinand II., mitgetheilt. Dieser habe ihm gesagt, daß er, Treffer, auf Befehl des Großherzogs nach der Angabe des Mathematikers Galilei die erste Pendeluhr, *Horologium pendulum*, zu Florenz verfertigt habe. Becher setzt noch hinzu, der Mathematiker des Kurfürsten von Mainz habe ihm erzählt, er habe zu Prag eine Pendeluhr gesehen, welche von Justus Bergen, dem Mathematiker und Uhrmacher des Kaisers Rudolph II., gemacht und von Tycho Brahe zu seinen Beobachtungen gebraucht worden sei.

Nur die letzte Angabe verdient eine nähere Beleuchtung, denn daß Treffer die Uhr machte, von welcher Prinz Leopold in seinem Brief an Boulliau spricht, kann wahr sein, ohne daß es hier weiter in Betracht kommt, da wir gegenwärtig wissen, von welcher Art diese Uhr war. Allein, wenn es mit der letzten Angabe seine Richtigkeit hätte, müßten die Pendeluhren schon vor dem Jahre 1601 erfunden sein, da der berühmte Astronom Tycho in diesem Jahre starb.

Die Sache erklärt sich indeß sehr einfach; nachdem nämlich Huyghens seine Erfindung gemacht hatte, nahm man häufig aus alten Uhren die Bilanz heraus und hing ein Pendel ein, ohne die Jahreszahl der Anfertigung zu ändern oder hinzuzufügen, wann das Pendel eingehängt worden. So war die Uhr auf dem Stadthause zu Amster-

dam noch zu Becher's Zeit mit einer Bilanz versehen, obwohl sie jetzt seit länger als 120 Jahr ein Pendel hat. So sahe Huyghens selbst beim dänischen Gesandten in Haag eine Pendeluhr, die das Jahr 1576 auf dem Zifferblatt trug, und von Tycho Brahe gebraucht war; aber der berühmte Römer, der damals von Kopenhagen nach Haag kam, wußte genau, wann und von wem das Pendel hinzugefügt worden. So könnte denn auch in Wahrheit der mainzer Mathematiker eine Pendeluhr gesehen haben, auf der Just. Bergen's Name stand, wie andererseits die Angabe ganz glaublich erscheint, daß Christoph Treffler zu Augsburg die ersten Pendeluhr in Deutschland gemacht hat.¹⁾

Der erwähnte Justus Bergen, auch Jobst Burgi, Bürgi oder Byrgius, war geboren 1552 zu Lichtensteig in der Schweiz und starb 1632 zu Kassel. Er war ein Mann ohne gelehrte Bildung, aber erfinderisch und mit vielem mechanischen Talent begabt. Er bekleidete in Kassel lange das Amt eines kurfürstlichen Uhrmachers, und seit 1602 das eines kaiserl. Kammeruhrmachers zu Prag, worauf er sich 1622 wieder in Kassel niederließ. Von ihm sind die Logarithmen erfunden, zwar später als von Napier, aber unabhängig von diesem.

In der Rechtfertigung von Huyghens bin ich etwas ausführlich gewesen, weil man selbst in Werken neuerer Zeit seine Verdienste nicht gehörig anerkannt findet. So hält es der Uhrmacher Berthoud, als Künstler eine Autorität, in seiner schätzbaren *Histoire de la mesure du temps*, Paris 1802, I, p. 37 für wahrscheinlich, daß Burgi der Erfinder der Pendeluhr sei, und dasselbe wird noch bestimmter von Bode in seinem astronomischen Jahrbuch von 1816 wiederholt. Ja der Erstere äußert an einer anderen Stelle seines Werks, man könne Huyghens alle Verdienste, die ihm zugeschrieben werden, lassen, dürfe ihn in dieser Angelegenheit aber doch nicht als Erfinder betrachten,

¹⁾ Busch, Handb. d. Erfindungen X, 32.

denn was er gethan, sei keine Erfindung, sondern bloß eine Substitution des Pendels für die Bilanz.

Für diese Aeußerung ist freilich **Berthoud** schon von seinem Landsmann **Delambre** gestraft worden¹⁾, allein sie verdient doch aufgehoben zu werden als Beispiel nationaler Verblendung. Man wird dabei unwillkürlich an das Ei des **Columbus** erinnert! Wenn die Sache so einfach gewesen, was soll man dann von **Galilei** und von den Astronomen nach ihm halten, die daran dachten den Gang des Pendels perpetuirlich zu machen, ohne es bewerkstelligen zu können. Unser Landsmann **Hevel** sagt offen in seiner *Machina coelestis* im J. 1673 pag. 366, er habe sich viel mit diesem Problem beschäftigt, aber ehe er damit zu Stande gekommen, habe **Huyghens** seine Erfindung 1657 publicirt.

Uebrigens hat es **Huyghens** selbst nie geläugnet, daß er einerseits durch **Galilei** auf den Gebrauch des Pendels geführt worden, und andererseits daß er von den Räderuhren seiner Zeit das Echappement entlehnt habe. Sein Verdienst die zweckmäßige Verbindung beider zu einer Pendeluhr wird dadurch nicht im Mindesten geschmälert.

256. Es scheint gegenwärtig ganz natürlich, daß **Huyghens**, nachdem er die standfesten Uhren so wesentlich vervollkommnet hatte, sein Augenmerk auch auf die tragbaren, auf die Sack- oder Taschenuhren richtete. Ueber den Ursprung derselben, die nothwendig statt mittelst des Gewichts durch eine Feder bewegt werden müssen, weiß man nichts recht Zuverlässiges. Aber wenn es auch nicht verbürgt werden kann, daß **Peter Hele** zu Nürnberg ums J. 1500 der Erfinder derselben ist, so deutet doch der Umstand, daß sie in den ersten Zeiten ganz allgemein den Namen lebendige nürnbergische Eier führten, darauf hin, daß sie wenigstens sehr früh in jener Stadt müssen verfertigt worden sein. Man weiß auch nicht, daß sie etwa

¹⁾ Delambre, Mém. de l'Institut 1808.

eher in Italien, Frankreich oder England gemacht worden wären.

So lange die Taschenuhren bloß durch einen Windflügel regulirt wurden, konnten sie keinen recht zuverlässigen Gang haben. Ein Pendel ist hier nicht am Ort, da seine Schwingungen durch die Bewegung der Uhr bald gestört werden würden; die Schwerkraft, welche das Pendel antreibt, muß durch eine andere Kraft ersetzt werden, die von der Lage der Uhr unabhängig ist. Huyghens sann darüber nach, und fand diese Kraft in der Elasticität einer Stahlfeder. In dem Journal des savants vom 25. Februar 1675 gab er eine kurze Beschreibung seiner Idee nebst Abbildung der wesentlichen Vorrichtung, die sie verlangt.

Es ist eine Unruhe mit Spiralfeder, wie wir sie in unseren heutigen Taschenuhren finden, und an der Axe der Unruhe ein Getriebe, in welches ein Kronrad eingreift; dieses sitzt an einer Spindel, die rechtwinklig zu jener Axe gerichtet, also horizontal ist, wenn die Axe senkrecht steht. Die Spindel hat zwei Lappen, durch welche das Steigerad ganz wie bei der älteren beschriebenen Einrichtung (§ 252), gehemmt wird.

Huyghens kann indess in dieser Erfindung nicht auf die Priorität Anspruch machen; es ist unzweifelhaft, daß der in mechanischen Vorrichtungen so erfinderische Rob. Hooke schon viele Jahre vor ihm auf die Benutzung der Federkraft verfiel, nämlich schon ums J. 1658, also ein Jahr später als Huyghens das Patent auf die Pendeluhr genommen hatte. Nach einer anderen Angabe soll Hooke sogar schon 1656 die in Rede stehende Idee gefaßt haben.¹⁾ Anfangs scheint Hooke eine grade Stahlfeder angewandt und von ihr erst den Uebergang zur spiralförmigen gemacht zu haben.

Es ist nun § 237 bereits erzählt, daß die Absicht Hooke's, ein Patent auf diese Erfindung zu nehmen, sich

¹⁾ Brewster, Edinb. Encyclop. XI, p. 110.

zerschlug, dieselbe ein Geheimniß blieb und schließlich Huyghens ebenfalls auf die Spiralfeder verfiel. Es wäre möglich, daß letzterer einen Wink vom Dasein der Hooke'schen Erfindung bekommen hätte; es ist aber bei einem Mann von seinem Genie und seinem Charakter nicht glaublich, daß er das Wesen der Erfindung selbst erfahren und sich dann widerrechtlich ihrer bemächtigt habe. Uebrigens war auch das Echappement von Huyghens ein anderes als das von Hooke, welches man zwar nicht genau kennt, von dem man aber glaubt, daß es später dem Uhrmacher Dutertre in Paris im J. 1724 zu dem sogenannten Duplex Anlaß gab.

Noch weniger können Huyghens' Verdienste um die Spiralfeder durch die Ansprüche des Abbé Hantefeuille beeinträchtigt werden (§ 237), eines Mannes, der zwar nicht ohne mechanisches Talent war, aber Eitelkeit und Anmaßung genug besaß, um jeden rohen Gedanken, den er hatte, für eine vollendete Erfindung auszugeben. Er fing mit Huyghens einen Proceß an, der schwerlich gut für ihn abgelaufen sein würde, wenn nicht Huyghens freiwillig seinem Patent auf die Spiralfeder entsagt hätte.

257. Ehe ich das Kapitel von den Uhren verlasse, muß ich noch einer merkwürdigen Beobachtung erwähnen, die Huyghens bei Gelegenheit der Beschäftigung mit diesen Werkzeugen machte. Er beobachtete nämlich, daß die Pendel zweier Uhren, die, wenn sie in einem Abstand von ungefähr 15 Fuß von einander aufgestellt waren, und einen etwas verschiedenen Gang hatten, so daß das eine um etwa 5 Sekunden im Tage von dem andern abwich, einen völlig gleichen Gang zeigten, wenn sie neben einander in 1 bis 2 Fuß Entfernung aufgestellt wurden. Ferner, daß wenn man diese Pendel absichtlich in ihrem Gange störte, sie doch nach Verlauf von etwa einer halben Stunde wieder genau isochrone Schwingungen machten, und zwar dergestalt, daß das eine seinen Hingang machte, wenn das andere auf dem Hergang war.

Huyghens hat diese Beobachtung unter dem 26. Febr. 1665 im *Journal des savants* beschrieben, wo er auch sagt, er wisse sich die Quasi-Sympathie der beiden Pendel nicht anders zu erklären, als durch Bewegung der Luft. 74 Jahre darauf, nämlich im J. 1739, wurde dieselbe Erscheinung zu London von **Ellicott** beobachtet und genauer erforscht. Er beobachtete sie an zwei Uhren, die mit dichtschiessenden Gehäusen umgeben waren, und deren Pendel zwei Fuß auseinander hingen. Wenn er das eine Pendel in Schwingung versetzte, das andere aber in Ruhe ließ, so dauerte es nicht gar lange, 15 bis 30 Minuten, daß auch dieses zweite Pendel in Bewegung kam und das Räderwerk drehte. Wenn die Uhren einzeln gingen, wichen sie innerhalb 24 Stunden um 90 Sekunden von einander ab, gingen sie aber beide, so stimmten sie so genau, daß die Abweichung innerhalb dieser Zeit nicht eine einzige Sekunde betrug; die eine Uhr ging dann um 19 Sekunden langsamer, die andere um 77 Sekunden schneller als für sich.

Eine nähere Untersuchung zeigte, daß diese Sympathie zwischen den beiden Pendeln, welche **Huyghens** der Luft zuschrieb, davon herrührte, daß sie ihre Bewegung durch Vermittlung des Fußbodens auf einander übertrugen und ausglich. Es gelang **Ellicott**, diese gegenseitige Einwirkung beider Pendel beliebig entweder aufzuheben oder zu verstärken, je nachdem er den Uhren einen gesonderten recht festen Standpunkt gab, oder sie durch einen Querriegel von Holz absichtlich mit einander verband¹⁾.

Eine ähnliche Beobachtung erwähnt **Daniel Bernoulli** im J. 1772 in den *Mém. de Pétersbourg* als von **Ferdinand Berthoud** gemacht, nach welcher eine vortreffliche Pendeluhr, die nicht sehr befestigt war, sogleich um 5 Minuten täglich retardirte, als man ihr einen ganz festen Stand gab. In neuerer Zeit haben diese Phänomene der Mittheilung von Bewegungen selbst die Aufmerksamkeit von

¹⁾ Philosoph. Transact. 1739.

Laplace erregt, und Breguet sen. hat gesucht eine praktische Anwendung davon zu machen. Die erste Beobachtung dieser Erscheinungen aber gebührt Huyghens.

Pendelschwingungen.

258. Ich will nun zu einem andern Abschnitt des Horologium oscillatorium übergehen, um die Wichtigkeit dieses Werks für den Fortschritt der mechanischen Physik fernerweit zu beleuchten.

Durch Galilei war allerdings das Fundament zur Lehre von der Pendelbewegung gelegt, aber die von ihm aufgefundenen Gesetze, namentlich das durch die Proportion

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$$

ausgedrückte, gelten streng genommen nur für einen ideellen Fall, für den Fall nämlich, daß ein bloßer materieller Punkt seine Schwingungen in sehr kleinen Kreisbogen und im Vakuum vollführt. Es ist leicht zu ersehen, daß ein Körper, d. h. ein System von fest miteinander verbundenen materiellen Punkten, nicht so schwingen kann, wie ein einzelner seiner Punkte für sich. Man sieht dies aus dem eben angeführten Gesetz $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$, und ganz einfach daraus, daß eine sehr kleine Kugel, die wir hier als materiellen Punkt betrachten können, an einem Faden aufgehängt desto schneller schwingt, je kürzer der Faden ist. Denn sollte ein Körper, ein Stab oder eine Linie ebenso schwingen als seine Punkte einzeln für sich, so müßten die Schwingungen jedes einzelnen Punktes unabhängig sein von der Länge des Fadens, oder hier vom Abstände des Aufhängepunktes. Da dies nun aber nicht der Fall ist, und da dennoch die in einem Körper mit einander verbundenen Punkte nur alle in derselben Zeit ihre Schwingungen vollenden können, so leuchtet ein, daß ein materielles körperliches Pendel anders schwingen muß als ein ideelles von gleicher Länge.

Es ist möglich, daß schon Galilei diese Betrachtung anstellte, aber wir wissen nicht, daß sie ihn zu einem Resultat führte. Der erste, der den Gegenstand öffentlich

zur Sprache brachte, war der Pater **Mersenne**, welcher gegen 1646 den Mathematikern die Aufgabe vorlegte, die Oscillationsdauer verschiedener Figuren zu bestimmen, wenn sie entweder in ihrer Ebene oder seitwärts darauf schwingen. Zwei seiner Zeitgenossen versuchten sich an der Aufgabe, **Descartes** und **Roberval**.

Descartes löste das Problem für den Fall, daß eine ebene Figur in ihrer Ebene schwingt, irrte sich aber bei den Schwingungen derselben außerhalb ihrer Ebene, und noch mehr bei den Schwingungen eines Körpers, die er ebenfalls betrachtete. **Roberval** war glücklicher; er bestimmte für gewisse Figuren die Zeiten für beiderlei Schwingungsweisen, irrte sich aber ebenfalls für andere Figuren und noch mehr für Körper. Er kam darüber mit **Descartes** in Streit, bei welchem keiner das volle Recht auf seiner Seite hatte.

Giles Persone oder **Personier**¹⁾, genannt **Roberval** nach seinem Geburtsort, einem Dorfe in der Diöcese von Beauvais, woselbst er 1602 geboren ward, kam 1627 nach Paris, wurde 1665 bei Gründung der Akademie zu deren Mitglied erwählt, und starb 1675 zu Paris. **Roberval** hat mancherlei in der Mathematik namentlich in der Geometrie geleistet, gehörte indess nicht zu den hervorragenden Geistern seiner Zeit, und auch sein Charakter bot manche Schattenseiten dar; Leidenschaft verwickelte ihn häufig in Streitigkeiten, bei denen er es mit der Wahrheit nicht genau nahm. In der Physik hat sich sein Name erhalten durch die sogen. **Roberval'sche Wage**, welche er 1670 den Physikern als ein Problem vorlegte.

An der von **Mersenne** gestellten Aufgabe versuchte sich auch **Huyghens**, aber er war damals noch ein 17jähriger Jüngling, und sein Vorhaben überstieg seine Kräfte; dafür hat er es denn aber in seinem *Horologium oscill.* von 1673 auf eine viel gründlichere Weise ausgeführt als alle seine Vorgänger.

¹⁾ Montucla, Hist. des math. II, 43.

Es würde zu weit führen, wenn ich Huyghens in seiner Entwicklung Schritt für Schritt folgen wollte; ich muß mich begnügen, kurz die Hauptresultate derselben hervorzuheben. So zunächst zeigte er, daß es in einem um eine Axe schwingenden Körper einen Punkt giebt, der genau so schwingt, wie er schwingen würde, wenn er frei wäre, in dem man also die ganze Masse des Körpers concentriren könnte, ohne daß dadurch die Schwingungen sich änderten. Diesen Punkt nannte er sehr bezeichnend *Centrum oscillationis* d. i. Schwingungsmittelpunkt. Zur Auffindung des Abstandes dieses Punktes gab er die allgemeine Regel: die Summe der Trägheitsmomente aller materiellen Punkte des Pendels dividirt durch die Summe der statischen Momente dieser Punkte giebt r' als die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes vom Aufhängepunkt, oder kurz:

$$\frac{\sum m r^2}{\sum m r} = r',$$

und soweit es der damalige Zustand der Mathematik erlaubte, wies er auch die Anwendung dieser Regel für verschiedene der einfacheren Figuren und Körper nach. Den so bestimmten Abstand des Schwingungspunktes r' nannte er das einfache Pendel, welches mit dem zusammengesetzten gleiche Schwingungen macht.

Nachdem er so gezeigt, wie für jedes zusammengesetzte Pendel die Länge des ihm entsprechenden einfachen gefunden werden könne, sprach er die wichtige Idee aus, daß dasselbe ein unveränderliches Längenmaß abgebe. Er hat diese Idee nicht allein ausgesprochen, sondern auch selbst zuerst verwirklicht. Da die Sekunde mittlerer Sonnenzeit ein überall gleiches und von der Natur selbst an die Hand gegebenes Zeitmaß ist, so nahm er dasjenige einfache Pendel, welches eine sehr kleine oder eine cykloidsche Schwingung in einer Sekunde mittlerer Sonnenzeit vollbringt, als normales Längenmaß, und da er durch Versuche fand, daß dasselbe nahezu drei Fuß lang sei, so

wollte er den dritten Theil davon, welchen er Stundenfuß, *pes horarius*, nannte, als Einheit der Längenmaße angenommen wissen.

Das von Huyghens angewandte Pendel bestand aus einer Bleikugel, die an einem Faden hing. Er versetzte es in kleine Schwingungen, und zählte, wieviele Schwingungen es in einer bestimmten durch eine Pendeluhr gemessenen Zeit machte. Hierauf berechnete er, wie lang das einfache Pendel sei, welches seinem zusammengesetzten entspreche, und nachdem er nun diese Länge und die Schwingungszeit hatte, konnte er leicht nach dem Gesetze von Galilei $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ berechnen, wie lang dasjenige einfache Pendel sein werde, welches eine kleine Oscillation in einer Sekunde vollführt.

So fand er für Paris die Länge des Sekundenpendels = 440,5 pariser Linien und seinen *pes horarius* in dem Verhältniß 881 : 864 zu dem pariser Fuß. Er hatte ferner auf theoretischem Wege gefunden, daß die Zeit zum Schwingen durch einen sehr kleinen Bogen sich zu der Zeit des freien Falles durch einen Raum von doppelter Länge desselben Pendels sich verhalte wie $\pi : 1$, und danach berechnete er mittelst der obigen Data, daß zu Paris die Fallhöhe der Körper für die erste Sekunde sei: *proxime pedum 15 et unciae unius*.

Als Huyghens diese Bestimmungen machte, war es ihm noch nicht bekannt, daß die Schwerkraft und demgemäß die Länge des einfachen Sekundenpendels nach der geographischen Breite des Beobachtungsortes verschieden sei. Dennoch hätte sein Vorschlag, das Pendel als Längenmaß zu gebrauchen, wohl verdient besser von den Zeitgenossen aufgenommen zu werden, als es wirklich geschah. Er blieb unbeachtet bis zu den Zeiten der französischen Revolution, wo er endlich ins Leben gerufen wurde, und wenn er auch nicht in allen Ländern eine gänzliche Umgestaltung der Maße und Gewichte herbeiführte, so begründete er doch durch strenge Festsetzung der vorhandenen eine neue Epoche in der Metrologie.

Unter den hierher gehörigen Untersuchungen von **Huyghens** findet sich noch ein Satz, der auch erst in neuester Zeit zu nutzhafter Anwendung gekommen ist, nämlich der, daß das Oscillationscentrum und der Suspensionspunkt wechselseitige Punkte sind, d. h. daß, wenn man das Oscillationscentrum eines Körpers zu seinem Suspensionspunkt macht, der frühere Suspensionspunkt zum Oscillationscentrum wird, und die Dauer der Schwingungen ungeändert bleibt. Dies erlaubt eine sehr praktische Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels, welche viel genauer ist als die, welche **Huyghens** selbst und ein Jahrhundert hindurch nach ihm die Physiker anwandten.

Auf diese Benutzung des Satzes von **Huyghens** hat zuerst unser Landsmann **Bohnenberger** (gest. 1831) in seinem Lehrbuch der Astronomie vom J. 1811 aufmerksam gemacht; doch gebührt dem Engländer Kapitän **Kater** (gest. 1835), dessen Vater übrigens auch ein Deutscher war, das Verdienst, diese Idee auf eine sehr zweckmäßige und genaue Weise wirklich ausgeführt zu haben bei Gelegenheit der Revision der englischen Masse und Gewichte¹⁾. Die sorgfältig gearbeitete Stange dieses Pendels trägt zwei Schneiden, welche einander zugekehrt sind, so daß man das Pendel, wenn es umgekehrt wird, auch um die bisher untere Schneide kann schwingen lassen. Zur Unterlage der Schneiden, deren Entfernung genau ermittelt wird, dienen Platten von Stahl oder Achat. Auf der Stange befindet sich noch ein Laufgewicht, welches so lange verschoben wird, bis die Schwingungen des Pendels sowohl in seiner ursprünglichen Lage wie in der umgekehrten vollständig gleich sind. Die Entfernung der beiden Schneiden ist dann genau die Länge des einfachen Pendels, welches der beobachteten Schwingungszeit angehört, und man kann darauf weiter durchaus zuverlässige Schlüsse

¹⁾ Philosophical Transact. 1818.

bauen. Kater hat ganz zweckmässig dieses Pendel mit dem Namen Reversionspendel belegt.

Centrifugalkraft.

259. Durch seine Untersuchungen über das Pendel wurde Huyghens auf eine ganz neue Lehre geführt, auf die Lehre von der Centrifugalkraft, auch Flieh- oder Schwungkraft. Es ist dies bekanntlich die Kraft oder Reaktion, welche ein bewegter Körper ausübt, wenn man ihn zwingt eine krummlinige Bahn zu beschreiben. Ein Körper, der einen Stoß bekommen hat, bewegt sich in grader Linie fort, und zur Unterhaltung dieser Bewegung ist keine Kraft nöthig. Soll er aber aus dieser Linie abgelenkt werden, so bedarf es einer gewissen Kraft, und soll diese Ablenkung eine stetige sein, so muß auch die Kraft stetig angewandt werden. Die Reaktion nun, welche ein bewegter Körper dieser Kraft entgegensetzt und derselben gleich ist, ist das, was man Centrifugalkraft nennt.

Der einfachste Fall dieser Kraft ist der, wo ein Körper an einem unausdehnbaren Faden herumgeschleudert, und also gezwungen wird einen Kreis zu beschreiben. Die Spannung des Fadens, der den Körper im Kreise hält, ist dann, abgesehen von der Schwerkraft, das Maß der Centrifugalkraft. Auf diesen Fall, auf die Centrifugalkraft bei der Kreisbewegung, waren die Untersuchungen von Huyghens eingeschränkt. Eine kurze Anzeige der von ihm gefundenen Sätze, jedoch ohne Beweise, gab er bereits 1673 in seinem *Horologium oscill.*, erst später bearbeitete er den Gegenstand ausführlicher und fügte die Beweise hinzu. Die Abhandlung *De motu et vi centrifuga* erschien aber erst im J. 1703 nach seinem Tode, als schon Newton den Gegenstand aus einem weit allgemeineren Gesichtspunkt aufgefaßt, und namentlich die Centrifugalkraft bei der elliptischen Bewegung der Himmelskörper in Betracht gezogen hatte.

Die von **Huyghens** aufgefundenen Sätze bei der Kreisbewegung sind sämmtlich, wenn man mit f die Centrifugalkraft, v die Geschwindigkeit des bewegten Körpers und mit r dessen Entfernung vom Mittelpunkt bezeichnet, in der Gleichung

$$f = \frac{v^2}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

enthalten, und verbindet man damit $v = \frac{2r\pi}{t}$, also auch

$$f = \frac{4r\pi^2}{t^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II),$$

so hat man in diesen beiden Gleichungen die Mittel, aus welchen sich alle Umstände der Centrifugalkraft ableiten lassen.

Die Untersuchungen von **Huyghens** über die Schwingkraft hatten zwei merkwürdige Resultate im Gefolge.

Das erste ist die Erfindung des Centrifugalpendels, auch Cirkular- und konisches Pendel genannt, d. i. ein Pendel, welches nicht in einer Ebene schwingt, sondern bei seinen Schwingungen eine Kegelfläche beschreibt. **Huyghens** beschäftigte sich schon frühzeitig mit diesem Pendel, und es wäre nicht unmöglich, daß ihn dies überhaupt zur Untersuchung der Centrifugalkraft geführt hätte. Er beschäftigte sich indeß mit demselben sowohl im *Horologium oscill.* als in der späteren Abhandlung von 1703 nur vom theoretischen Standpunkt aus, und daher mag es denn wohl gekommen sein, daß die Physiker der Folgezeit das Centrifugalpendel als ein bloßes Curiosum betrachtet haben.

In neuerer Zeit hat man indeß auch den Nutzen dieses Pendels eingesehen und es mit Uhrwerken verbunden. Es hat vor dem gewöhnlichen Pendel voraus, daß seine Bewegung keine hin- und hergehende, sondern eine stetig in sich zurücklaufende ist, und daß es demgemäß dem Uhrwerk auch eine stetige Bewegung mittheilt, während dasselbe von einem gewöhnlichen Pendel immer nur ruckweise bewegt wird. Daher läßt denn auch **Fraunhofer** seinen großen Refraktor, um die Bewegung der Erde zu

kompensiren, durch ein Uhrwerk mit Centrifugalpendel bewegen. Ein gewöhnliches Pendel wäre hier ganz unangemessen, weil dabei die beobachteten Himmelskörper immer nur durch eine sehr störende ruckweise Bewegung im Gesichtsfeld des Fernrohrs erhalten werden könnten. Wie es scheint war es der Uhrmacher Pfaffius zu Wesel, der ums J. 1804 zuerst Uhren mit Centrifugalpendel verfertigte, wozu er dies Pendel auf zwei gegen einander senkrechte Axen schwingen ließ.

Eine andere, und wie es scheint noch nützlichere Anwendung des konischen Pendels ersann schon früher James Watt, der berühmte Verbesserer der Dampfmaschine, indem er es bei dieser Maschine als Regulator für den Zufluß des Dampfes benutzte. Die Wirkung dieses Regulators erhellt aus der Formel $f = \frac{v^2}{r}$; je größer die Geschwindigkeit v , desto mehr heben sich die Kugeln an den Pendelstangen und bewirken eine solche Drehung des Hahnes im Dampfrohr, daß der Dampfzufluß und damit die Geschwindigkeit des Ganges der Maschine gemindert wird.

Auf die Erfindung des Centrifugalpendels macht übrigens auch Rob. Hooke Anspruch, der sie schon 1660 gemacht haben will (§ 238). Sollten auch seine Ansprüche begründet sein, was möglich ist, so muß man doch dabei erwägen, daß Huyghens vielleicht ebenso früh und noch früher auf die Idee verfiel und dann, daß er, wenn auch nicht in voller Allgemeinheit, die Gesetze der konischen Pendelschwingungen entwickelte, während Hooke weder ein theoretisches noch ein praktisches Verdienst um dieses Pendel aufzuweisen hat.

Gestalt der Erde.

260. Das zweite Ergebniß der Huyghens'schen Untersuchungen über die Schwingkraft ist für die Wissenschaft von noch allgemeinerem Interesse, indem es den ersten Grund zu einer richtigen Erkenntniß der Gestalt des Erdkörpers legte.

Bis zu Huyghens' Zeiten wurde die Erde, nach dem Beispiel der Alten, ganz allgemein als eine vollkommene Kugel angesehen, und von Zeit zu Zeit wurden Gradmessungen unternommen, um die Größe dieser Kugel näher festzusetzen. Auf die erste von Eratosthenes (geb. 276 vor Chr.) folgte etwa 200 Jahre später die von Posidonius, der, auf ähnliche Weise wie sein Vorgänger, aus den an zwei Orten gleichzeitig beobachteten Höhen eines Gestirns und aus der geschätzten Entfernung beider Orte, den Werth eines Meridiangrades zu bestimmen suchte. Eratosthenes hatte die Höhe der Sonne zu Alexandrien und Syene, Posidonius die des Sternes Kanopus zu Alexandrien und Rhodus für diese Untersuchung benutzt (§ 21).

Nach einem Zeitraum von etwa 900 Jahren folgte dieser Bestimmung das Unternehmen, welches der Kalif Al Mamun 827 in der Wüste Singar (Sindjar) am Arabischen Meere ausführen liefs (§ 39). Es war die erste eigentliche Messung der Erde, indem dabei die Entfernung der Stationen direkt mit der Meßkette ermittelt wurde, während sie Eratosthenes und Posidonius nur nach ungefähren Schätzungen von Reisenden und Schiffern festsetzten. Das mittlere Resultat $1^{\circ} = 56\frac{2}{3}$ arabische Meilen ist wegen Unbestimmtheit dieses Maßes ebenso ungewiß wie die früheren.

Nächst dem machte sich Jean Fernel, ein seiner Zeit berühmter Arzt zu Paris, im J. 1525 an die Aufgabe, und gab die Länge eines Meridiangrades zuerst in einem uns bekannten Längenmaße an. Er bestimmte die Polhöhe von Paris und Amiens, und maß den Abstand beider Orte, indem er die Umläufe der Räder seines Wagens zählte, wobei er denn für die Krümmungen des Weges sich ziemlich willkürliche Korrekturen erlaubte. Dennoch fand er durch zufällige Kompensation der Fehler einen leidlich angenäherten Werth $1^{\circ} = 57070$ Toisen¹⁾.

¹⁾ J. K. E. Schmidt, Lehrb. d. math. u. phys. Geogr. I, 168; Montucla, Hist. des math. II, 316.

Neunzig Jahre später im J. 1615 unternahm **Willebrord Snell**, der Entdecker des Refraktionsgesetzes, bei Leyden die Messung, deren ich schon früher gedachte (§ 139). Sie machte Epoche in diesem Gebiet der Wissenschaft, indem dabei zum ersten Male eine Standlinie gemessen, und mit deren Hülfe die Entfernung der Endstationen durch das Verfahren der Triangulation festgestellt wurde, ein Verfahren, das überall, wo man nicht wie in der arabischen Wüste querfeldein gehen kann, sondern durch ein vielfach eingeschnittenes Terrain in seinen Operationen gehindert ist, zur Nothwendigkeit wird. Er fand $1^\circ = 28500$ rheinl. Ruthen, was 55072 Tois. macht, wenn man die 12füßige Ruthe = 1,93236 Tois. setzt. **Snell** selbst giebt in Folge von Rechnungsfehlern 55021 Tois.¹⁾

Im Laufe des XVII. Jahrhunderts wurden noch vier Gradmessungen unternommen. Die erste von dem Engländer **Rich. Norwood** in den Jahren 1633 bis 1635 zwischen London und York, theils nach **Fernel's**, theils nach **Snell's** Methode. Das Resultat war $1^\circ = 57300$ Tois., nach Andern 57424 T. Die Messung ist durch keinen Umstand bemerkenswerth, und das Resultat sehr fehlerhaft. Die zweite wird dem Holländer **Wilh. Blauew**, lat. **Caesius**, der 1638 starb und ein Schüler von **Tycho Brahe** war, zugeschrieben; es ist aber zweifelhaft, ob sie wirklich ausgeführt ist²⁾. Die dritte unternahm **Riccioli**, unterstützt von **Grimaldi**, bei Modena; sie war nur klein und lieferte auch ein sehr fehlerhaftes Resultat, nämlich $1^\circ = 61478$ T., nach **Montucla** sogar = 62650 T.³⁾. Die vierte und letzte endlich in diesem Zeitraum ward auf Befehl **Ludwig's XIV.** von dem schon mehrmals genannten **Picard** unternommen in den Jahren 1669 und 1670, wozu der große Unterschied in den von **Riccioli** und **Snell** ausgeführten Messungen, der nicht weniger als 7578 T. betrug, die nächste Veranlassung gab.

¹⁾ Schmidt, *ibid.* I, 169.

²⁾ Schmidt, *ibid.* I, 171.

³⁾ **Montucla**, *Hist.* II, 319.

Picard wandte hierbei nicht nur das Snell'sche Verfahren der Triangulation an, sondern benutzte auch zum ersten Male bei dergleichen Operationen Winkelinstrumente, die mit Fernröhren und Fadenkreuzen versehen waren, was seinen Messungen nothwendig einen großen Vorsprung vor denen der früheren Geodäten geben mußte, die nur mit Alhihaden und bloßen Augen die Winkel maßen. Wirklich kommt auch das Resultat seiner Messung, die zwischen Amiens und Malvoisine ausgeführt wurde, der Wahrheit viel näher als alle früheren; es betrug 57060 T. für den Grad. Dies Ergebniss ist der Wissenschaft ungemein nützlich gewesen, weil, wie ich später noch näher erwähnen werde, Newton dadurch in den Stand gesetzt wurde seine Spekulationen über die allgemeine Gravitation weiter zu verfolgen, während derselbe durch das fehlerhafte Resultat der Norwood'schen Messung fast irre geleitet wäre. Indefs hat dennoch später Lacaille gezeigt, daß Picard's Messung mit ziemlich groben Fehlern behaftet war, und die nahe Richtigkeit seines Endresultats bloß aus einer zufälligen Ausgleichung entgegengesetzter Fehler entsprang.

261. Alle diese Messungen gingen von der Voraussetzung der Kugelgestalt der Erde aus, und hatten nur den Zweck die Größe dieser Kugel zu bestimmen. Zwar hatte Picard in seinem Werk *Mesure de la terre, Paris 1671* es als eine Muthmaßung ausgesprochen, daß, wenn die Rotation der Erde angenommen würde, Körper unter dem Aequator mit geringerer Kraft fallen müßten als unter den Polen, und daß daraus auch eine Verschiedenheit in der Länge der Sekundenpendel hervorgehen müßte. Allein, da weder er bei Gelegenheit einer Reise nach Uranienborg, der ehemaligen Sternwarte Tycho Brahe's auf der Insel Hven im Sunde, noch der Däne Römer zu London eine Abweichung in der Länge des Sekundenpendels von der in Paris beobachtet hatte, so zog der Gedanke nicht weiter die Aufmerksamkeit der Physiker und Astronomen auf sich.

Um dieselbe Zeit beschloß die pariser Akademie eins ihrer Mitglieder mit Namen Richer (gest. 1696) zum Behufe astronomischer Beobachtungen nach Cayenne zu senden. Er reiste Ende 1671 ab, kam dort im April 1672 an und kehrte 1673 zurück. Unter den von ihm gemachten Beobachtungen war eine besonders auffallend. Er fand nämlich, daß seine aus Paris mitgebrachte Pendeluhr in Cayenne täglich um 2 Minuten zu langsam ging, so daß er, um ihr einen richtigen Gang zu geben, genöthigt war das Pendel um $\frac{1}{4}$ Linien zu verkürzen. Bei seiner Rückkehr nach Paris ging nun diese Uhr zu schnell, und damit ihr Pendel wieder Sekunden gebe, mußte er es um jene $\frac{1}{4}$ Linien verlängern.

Die Sache erregte Erstaunen unter den pariser Gelehrten, und man glaubte ziemlich allgemein Richer habe sich geirrt. Indefs einige Jahre darauf wurde dieselbe Beobachtung an mehreren Punkten der afrikanischen Küste und der westindischen Inseln durch Varin und Deshayes ganz in derselben Weise gemacht. Nun war an der Sache nicht mehr zu zweifeln, und es galt vielmehr sie zu erklären. Die meisten Akademiker glaubten, die Verlangsamung des Ganges der Uhr sei eine Wirkung der Wärme, welche das Pendel verlängert habe. Eine solche Verlängerung mußte das Pendel in den tropischen Gegenden allerdings erlitten haben, allein der Betrag der beobachteten Verlangsamung war doch zu groß, als daß er der Hauptsache nach aus dieser Quelle abzuleiten war.

Das sah nun Huyghens zuerst ein; obwohl er sich anfänglich mit seiner Meinung nicht übereilte, sprach er sie doch bald darauf sehr bestimmt aus. Er zeigte, daß auf der Erde in Folge ihrer Rotation die Schwerkraft nothwendig von den Polen nach dem Aequator abnehmen müsse, und zwar aus einem doppelten Grunde. Einmal, weil die Körper von den Polen nach dem Aequator einen immer größeren Kreis beschreiben und damit die Schwungkraft wachse, und zweitens, weil die Richtung der Schwungkraft von den Polen nach dem Aequator hin immer mehr

mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfällt, und daher ein immer größerer Theil derselben der Schwerkraft entgegenwirkt.

Somit war die Ursache der Abnahme der Pendellänge von den Polen nach dem Aequator erklärt, allein Huyghens hatte hierbei doch nur bestimmter ausgesprochen, was Picard gemuthmaßt hatte. Dagegen ging er nun auch einen bedeutenden Schritt weiter. Weil eben an allen Punkten der Erde außerhalb des Aequators die Richtung der Schwungkraft nicht mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfällt, so bleibt, wenn man sich die Schwungkraft in Kräfte parallel und senkrecht zur Schwerkraft zerlegt denkt, der letztere Krafttheil unkompensirt übrig. Dieser Krafttheil ist nach dem Aequator hin gerichtet, er muß also wenigstens das Weltmeer nach dem Aequator treiben, und dieses kann daher keine vollkommene Kugelgestalt besitzen, sondern muß an den Polen abgeplattet und an dem Aequator aufgeschwollen sein.

Da nun ferner das feste Land sich auch nirgend sehr bedeutend über die Oberfläche des Meeres erhebt, so muß auch die Erde im Großen und Ganzen nicht eine Kugelgestalt, sondern eine an den Polen abgeplattete Gestalt besitzen. Huyghens versuchte auch die Gestalt des Erdkörpers näher zu bestimmen. Er suchte zunächst festzustellen, wie sich in einer flüssigen Masse, wenn sie rotirt, die Länge der halben Axe $= A$ zum Halbmesser des Aequators $= R$ verhalte. Er fand dabei zuvörderst die Schwungkraft am Aequator $= \frac{1}{289}$ der Schwerkraft daselbst, und dann weiter, daß $A = R - \frac{1}{578}$ oder $A : R = 577 : 578$ sei. Er suchte auch die Kurve zu bestimmen, welche der Meridian macht und glaubte zu finden, daß die Erde die Gestalt des Körpers habe, welcher durch Umdrehung zweier Parabeln des vierten Grades entstehe.

So entwickelt sprach Huyghens seine Theorie in dem kleinen Werke aus: *Discours de la cause de la pesanteur*, welches 1690 zu Leyden erschien, und später unter dem Titel *De causa gravitatis* seinen Werken einverleibt wurde.

Den ersten Theil dieser kleinen Broschüre schrieb er noch während seines Aufenthalts in Paris, also vor dem Jahr 1681, den letzten Theil, welcher die ausführlichere Entwicklung seiner Theorie enthält, später.

Um nicht ungerecht gegen **Newton** zu sein muß ich bemerken, daß dieser bereits vor dem J. 1690, als der Discours erschien, das Problem von der Gestalt der Erde aus einem allgemeineren und richtigeren Gesichtspunkt behandelt hatte. Denn während noch **Huyghens** annahm oder bei seinen Rechnungen voraussetzte, daß die Schwerkraft ihren Sitz allein im Mittelpunkt der Erde habe, betrachtete schon **Newton** bei dieser Aufgabe alle Theile der Erde als schwer. Das geschah in seinem berühmten Werk *Principia philosophiae naturalis*, welches 1687 erschien. Als **Huyghens** den letzten Theil des Discours schrieb, der als Addition davon gesondert ist, waren ihm die *Principia* bekannt, und er spricht von ihnen mit großer Anerkennung, obwohl er doch die Entwicklung darin nicht für ganz richtig gehalten haben muß.

Wenn **Huyghens** in dieser Aufgabe gegen **Newton** zurückblieb, so muß man doch anerkennen, daß es die durch ihn erfundenen Pendeluhrn waren, die das Mittel lieferten die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt zu erkennen, und später auch die Gestalt näher zu bestimmen. Es ist dies einer der ersten und wichtigsten Dienste, welche die Pendeluhrn der Physik geleistet haben.

Schließlich will ich noch bemerken, daß **Huyghens** auch auf experimentellem Wege bewies, daß die Erde durch ihre Rotation eine abgeplattete Gestalt annehmen müsse. Er steckte nämlich eine Kugel von weichem Thon auf eine Axe, und versetzte diese in Drehung. Da sah er dann, daß die Kugel sich auf der Axe abplattete und an ihrem Aequator anschwell. Auch will ich noch hinzufügen, daß mit dem Beweis von der abgeplatteten Gestalt der Erde zugleich der erste Satz der kopernikanischen Lehre, der Satz von der Rotation der Erde, auf das Entschiedenste bewiesen wurde.

Theorie des Stosses.

262. Nun habe ich noch von einem Theil der mechanischen Naturlehre zu reden, zu dessen Erweiterung **Huyghens** nicht unwesentlich beigetragen hat; ich meine die Lehre vom Stofs oder von der Mittheilung der Bewegung.

Die Theorie des Stosses ist von **Galilei** noch gar nicht bearbeitet worden. Er macht in dieser Beziehung bloß die sehr richtige Bemerkung: die Kraft des Stosses sei im Vergleich zur Kraft des Druckes unendlich groß; Stofs und Druck seien unvergleichbare Größen. Welchen Gesetzen aber der Stofs unterworfen sei, das liefs er ganz unerforscht. Der erste, welcher einsah, daß beim Zusammenstossen zweier Körper bestimmte Gesetze obwalten, war **Descartes**. In seinem Bemühen aber die Gesetze des Stosses aufzufinden, war dieser sonst so scharfsinnige Mann sehr unglücklich. Wie unrichtig seine Resultate waren, kann man schon aus einem der von ihm aufgestellten Sätze ersehen, welcher lautet: Trifft ein kleiner sich bewegend Körper einen größeren, welcher ruht, so bleibt dieser in Ruhe, und der kleinere fliegt mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück!

Descartes macht beim Stofs auch keinen Unterschied zwischen elastischen und unelastischen Körpern. Schon **Deschales** wies das Irrige dieser Lehre nach, und selbst **Clerselier** ein Schüler von **Descartes** erhob dagegen verschiedene Einwendungen¹⁾. Indefs wurde damit nichts besseres an die Stelle gesetzt, und selbst was **Borelli** leistete in *De vi percussione*, *Bol.* 1666, liefs noch sehr viel zu wünschen übrig. Da sprach nun die königl. Gesellschaft zu London, welche den Mangel fühlte, im J. 1668 öffentlich den Wunsch aus, daß die Mathematiker unter ihren Mitgliedern sich doch aufs Neue der Lehre vom

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* I, 357, 359.

Stofse annehmen möchten. Diese Aufforderung war erfolgreich, denn es fanden sich dadurch mit einem Male drei Männer der Gesellschaft veranlaßt das Problem des Stofses näher zu erforschen, nämlich Wallis, Wren und Huyghens.

John Wallis, geb. 1616 zu Ashford in Kent, ein ausgezeichnete Mathematiker seiner Zeit, bekleidete an der Universität zu Oxford die durch Sir Savile gestiftete Professur der Mathematik bis an seinen Tod im J. 1703. Er hat außer mehreren theologischen und philosophischen Werken eine große Anzahl mathematischer Abhandlungen und verschiedene einzelne Werke geschrieben, die ihm einen bleibenden Ruf erworben; so seine Arithmetik des Unendlichen und seine Mechanik, u. A. ist er es, der für π den gefälligen Ausdruck gegeben hat:

$$\frac{1}{2}\pi = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \dots}{1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \dots}.$$

Christopher Wren, geb. 1632 zu Knole in Wiltshire, der Sohn eines Pfarrers, gest. 1723 zu London im 91. Lebensjahr. Er war Prof. der Mathematik am Gresham College in London, später an der Universität zu Oxford. Aber mehr noch denn als Mathematiker ist er bekannt und berühmt als Baumeister; eine große Anzahl der Gebäude des heutigen Londons verdankt ihm seine Entstehung, so das Monument zum Andenken an den großen Brand von London 1666, die Paläste zu Hampton-Court und Winchester, das Spital zu Chelsea und ein Theil des von Greenwich, und vor Allem sein Hauptwerk die Paulskirche, die er innerhalb 35 Jahren von 1676 bis 1710 erbaute, nach eigenem Plan und nicht, wie man gewöhnlich annimmt, nach dem Muster der Peterskirche in Rom. Man zählt über 60 Kirchen und öffentliche Gebäude, die er von 1668 bis 1718 vollendete. Man sollte glauben ein Mann von solcher Thätigkeit hätte wenig Muße zu rein wissenschaftlichen Arbeiten gehabt, und doch hat er eine bedeutende Zahl von Abhandlungen aus dem Gebiet der Physik, Mathematik, Mechanik, Baukunst u. s. w.

geschrieben, die theils in den Philosoph. Transactions erschienen, theils von Wallis und Anderen herausgegeben sind. Er selbst hat nicht ein einziges edirt.

Was nun die erwähnten Preisschriften über die Theorie des Stosses betrifft, so reichte Wallis die seinige am frühesten ein, nämlich am 26. Nov. 1668; dann Wren am 17. Dec. 1668, und endlich Huyghens am 4. Jan. 1669, er soll jedoch schon seit dem Jahre 1663 im Besitz der von ihm aufgefundenen Gesetze gewesen sein.

Wallis betrachtete in seiner Schrift nur den centralen Stofs, d. h. denjenigen Stofs, bei welchem der stoßende Körper sich in einer Linie bewegt, die von seinem Schwerpunkt zum Schwerpunkt des gestoßenen Körpers geht; ist dies nicht der Fall, so ist der Stofs ein schiefer. Wallis betrachtete also den centralen Stofs zwischen unelastischen Körpern, und löste diese Aufgabe vollständig; er gab die noch gültige Formel

$$u = \frac{mv + m'v'}{m + m'},$$

in welcher v und v' die Geschwindigkeiten der Massen m , m' vor dem Stöße, u die Geschwindigkeit von $m + m'$ nach dem Stöße bezeichnen, und welche alle Fälle des centralen Stosses unelastischer Körper einschließt. Die Arbeit von Wallis ist auch noch dadurch merkwürdig, daß darin zum ersten Male vom Mittelpunkt des Stosses, Centrum percussionis, die Rede ist, ein Punkt, der in Betracht kommt, wenn der gestoßene Körper nicht ganz frei ist, sondern in einem Punkt oder einer Linie befestigt ist. Legt man durch diese Linie oder Axe und den Schwerpunkt des Körpers eine Ebene, so heißt Mittelpunkt des Stosses derjenige Punkt, in welchem man senkrecht gegen die Ebene den Stofs anbringen muß, wenn die Axe nichts von der Wirkung desselben empfinden soll. Wallis betrachtete nur den einen Fall, wo dieses Centrum percussionis mit dem Centrum oscillationis zusammenfällt, erst Joh. Bernoulli hat später den Gegenstand ins gehörige Licht gesetzt.

Was andererseits Wren und Huyghens betrifft, so betrachteten sie in ihren Abhandlungen nur den Stofs elastischer Körper. Beide entwickelten ihre Theorie in grosser Kürze, Eleganz und Allgemeinheit, aber ohne Beweise. Die von ihnen für den centralen Stofs aufgefundenen Sätze sind sämmtlich in den beiden Formeln enthalten:

$$u = \frac{mv + m'v + n(v' - v)m'}{m + m'} \quad (\text{I})$$

$$u' = \frac{mv' + m'v - n(v' - v)m}{m + m'} \quad (\text{II}).$$

Im Februar desselben Jahres 1669 sandte Huyghens noch einen Nachtrag zu seiner Abhandlung ein, worin er u. A. den folgenden merkwürdigen Satz anzeigte:

$$mv^2 + m'v'^2 = mu^2 + m'u'^2,$$

d. h. die Summe der Produkte aus den Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stofse elastischer Körper sind gleich gross. Es ist dies die erste Anzeige und Anwendung von einem der allgemeinen Sätze der theoretischen Mechanik, desjenigen nämlich, welcher späterhin den Namen des Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kräfte bekommen hat, weil Leibnitz das Produkt der bewegten Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit die lebendige Kraft nannte.

Späterhin hat Huyghens die ganze Lehre vom Stofse, mit sinnreichen Beweisen ausgestattet, in einer eigenen Schrift entwickelt, betitelt: *De motu corporum ex percussione*, die 1703 in seinen hinterlassenen Werken erschien. Diese ersten theoretischen Untersuchungen über den centralen Stofs riefen später die ähnlichen über den schiefen oder excentrischen Stofs hervor von Joh. Bernoulli, Dan. Bernoulli und Euler. Sie gaben auch Veranlassung zu experimentellen Vorrichtungen, um die Richtigkeit der vorhandenen Gesetze zu prüfen. Wren selbst hatte, ehe er seine Resultate bekannt machte, dieselben durch Versuche mit Pendeln geprüft und Mariotte ersann zu diesem Zweck

weil sie nicht bloß ein Fernrohr, gutes Auge und einiges Glück erfordert, sondern daneben eine Kombinationsgabe, die nicht jedem eigen ist, abgesehen davon, daß sie einen Körper betrifft, zu dem man bisher noch kein Seitenstück in unserm Planetensystem aufgefunden hat. Von der Richtigkeit dieser Bemerkung zeugt der Umstand, daß mehrere Physiker und Astronomen vor Huyghens den Ring des Saturns beobachteten, ohne zu wissen, was sie eigentlich vor sich hatten.

Schon gleich nach der Erfindung der Fernröhre im J. 1610 bemerkte Galilei, daß der Saturn nicht ganz rund sei, sondern eine sehr eigenthümliche Gestalt habe; er nannte ihn dreifach. Da er ihn aber bei einer zweiten Beobachtung völlig rund erblickte, so achtete er nicht weiter auf die Erscheinung. Im J. 1640 ward sie von Gassendi gesehen, später dann ums J. 1650 von Riccioli und Grimaldi, welche letztere bemerkten, der Saturn sei wie mit Henkeln versehn. Am eifrigsten beschäftigte sich mit diesem Phänomen der als beobachtende Astronom so ausgezeichnete Joh. Hevel in Danzig. Dieser fand, daß der Saturn in seinem Ansehn eine 15jährige Periode darbiete, er beschrieb dasselbe genau, und belegte sogar die Phasen desselben mit besonderen Namen. Die Schrift *Dissertatio de nativa Saturni facie ejusque phasibus certa periodo redeuntibus*, welche 1656 in Danzig erschien¹⁾, ist ein rühmliches Dokument seines Fleißes und seiner Ausdauer, hat aber zur Aufklärung des Phänomens keinen Beitrag geliefert. Selbst der berühmte Dom. Cassini vermochte den Knoten nicht zu lösen; er begnügte sich nach Ansicht der Hevel'schen Schrift die Vermuthung auszusprechen, es möge wohl der Saturn mit einem Schwarm von dicht zusammenstehenden Monden umgeben sein.

So stand die Sache als Huyghens den Saturn zu beobachten anfang, und in kurzer Zeit auf den Grund der Erscheinung kam. Er fand, daß sich das veränderliche An-

¹⁾ Nach Montucla, Hist. etc. II, 549 bereits anno 1649.

sehen des Planeten erklären lasse, wenn man annehme, daß er in einem bestimmten Abstände von einem concentrischen Ringe umgeben werde, der eine gewisse Neigung gegen die Ekliptik habe, und, wie er später entwickelte, beständig eine parallele Lage behaupte. Huyghens machte diese wichtige Entdeckung, die durch fernere Beobachtungen nur weiter ausgebildet worden ist, im J. 1655, und veröffentlichte sie in einer Schrift von wenig Seiten: *De Saturni luna observatio nova*, welche im März 1656 zu Haag erschien. Die Veröffentlichung war indess nur eine geheime, nach Sitte jener Zeit eine aenigmatische, indem er nämlich die Entdeckung gab mit den Buchstaben:

$a_7 \ c_5 \ d_1 \ e_3 \ g_1 \ h_1 \ i_7 \ l_4 \ m_2 \ n_9 \ o_4 \ p_2 \ q_1 \ r_2 \ s_1 \ t_3 \ u_5,$

wo die kleinen Ziffern angeben, wie oft der Buchstabe vorkommt. Die Auflösung dieses Anagramms ist:

Saturnus cingitur annulo tenui, plano, nusquam cohaerente
et ad eclipticam inclinato.

Er gab sie in dem Werke, welches eine vollständige Auseinandersetzung seiner Beobachtungen und seiner Ansichten enthält, und den Titel führt: *Systema saturnium*. Es erschien zu Haag im Juli 1659, und ist dem Prinzen Leopold von Medici gewidmet. Darin ist ausführlich entwickelt, daß die Ebene des Ringes sich selbst immer parallel bleibt, und mit dem Aequator des Saturns zusammen fällt.

Schon der Titel der kleinen vorhin genannten Schrift vom J. 1656 sagt, daß mit der Entdeckung des Saturnringes noch eine andere verknüpft war, nämlich die eines Mondes dieses Planeten. Die Entdeckung dieses Mondes ist freilich der des Ringes nicht gleich zu stellen, war indess für die Erweiterung unserer Kenntniß vom Sonnensystem nicht unwichtig.

Bis zu Huyghens' Zeiten kannte man an Monden außer dem unserer Erde nur die vier des Jupiters, denn die sechs Monde, welche der Pater Anton Maria de Rheita, der Erfinder des Erdfernrohres (§ 85), entdeckt haben wollte, hatte

derselbe, wie Huyghens genügend nachgewiesen hat, sicher nicht gesehen, obwohl die Folgezeit wunderbar genug die Illusionen dieses Mannes zur Wahrheit gemacht hat. Es war also die Entdeckung eines Trabanten um einen Planeten, von welchem man bis dahin noch keinen kannte, eine Sache von Werth. Huyghens machte seine Entdeckung am 25. März 1655, und bestimmte später die Umlaufzeit desselben ziemlich richtig zu 15 Tagen 22 Stunden 39 Minuten. Es ist dieser Mond von den Saturnmonden der grösste, und wie sich später gezeigt hat, der 6te in der Reihe vom Planeten aus. In § 244 ist bereits eine übersichtliche Zusammenstellung von der Reihenfolge und Entdeckungszeit dieser Monde gegeben.

Huyghens' Erklärung von den Aspekten des Saturns fand einen Widersacher in Italien an dem seiner Zeit berühmten optischen Künstler Eustachio di Divini oder eigentlich dem Pater Honoré Fabri, der jenen nur vorschob und selbst Verfasser der Schrift: *Brevis annotatio in systema saturnium Christiani Hugenii, Romae 1660* war, wogegen sich Huyghens vollkommen rechtfertigte in *Brevis assertio systematis Saturnii sui, Hagae 1660* (s. § 165, 166). Eine spätere Schrift vom J. 1684, worin ein gewisser Gallet alle am Saturn und Jupiter gemachten Entdeckungen für optische Täuschungen erklärt, liefs Huyghens wie billig unbeantwortet.

Fernrohr.

265. Unter den optischen Leistungen Huyghens' nehmen seine Bemühungen die Fernröhre zu vervollkommen der Zeit nach eine der ersten Stellen ein; das Bedürfnis dazu muß sich ihm wohl bei seinen astronomischen Beobachtungen herausgestellt haben. Seine Arbeiten auf diesem Gebiet sind sowohl theoretischer wie praktischer Natur. Zu den Resultaten der letzteren gehört ein Verfahren zur Schleifung teleskopischer Linsen, welches er im J. 1660 der londoner Gesellschaft mittheilte, und ihm, weil

es die damals bekannten weit übertraf, die Aufnahme in diese Korporation erwarb.

Dann ist **Huyghens**, wenn auch nicht der Erfinder, doch der Hersteller des sogenannten Luftfernrohrs, eines Instruments, das freilich jetzt nicht mehr von Nutzen sein kann, und daher längst außer Gebrauch ist, aber damals als die Konstruktion des Fernrohrs noch in ihrer Kindheit lag, große Dienste leistete. Es wurde hervorgerufen durch die Schwierigkeit, welche man empfand, die übermäßig langen Fernröhre gehörig zu bewegen. Ein gewisser **Bossal** zu Toulouse machte zu diesem Behufe 1681 den Vorschlag die Fernröhre vollkommen befestigt aufzustellen, und das Bild des zu beobachtenden Himmelskörpers durch einen Spiegel hineinzuschicken, ein Vorschlag, der mehrfache Mängel hat. Zwei andere Astronomen **Comiers** und **Auzout** dagegen riethen, und zwar ersterer schon 1666, das Rohr ganz fortzulassen und die beiden Linsen, das Objektiv und das Okular, aufzuhängen.

Dieser letzte Vorschlag war es, welchen **Huyghens** zur Ausführung brachte, obwohl es nicht gewiß ist, daß er durch **Comiers's** und **Auzout's** Idee darauf geleitet worden sei. Er beschrieb seine Einrichtung im J. 1684 in einer zu Haag erschienenen Abhandlung: *Astroscopia compendiarie tubi optici molimine liberata*. Mit einem solchergestalt eingerichteten Fernrohr von 123 Fuß Länge, und zwar mit einem Objektiv, welches **Huyghens** mit eigener Hand geschliffen hatte, beobachteten die Astronomen **Pound** und **Bradley** im J. 1718 die Saturntrabanten zuerst in England (§ 244), wo man bis dahin die Existenz dieser Weltkörper auf das Wort von **Huyghens** und **Cassini** hatte annehmen müssen. **Auzout** hatte sogar ein Objektiv von 600 Fuß Brennweite, konnte dasselbe aber aus Mangel an einer Vorrichtung zum Aufstellen nicht gebrauchen.

Huyghens ist ferner nach **Gascoigne** der erste, welcher die Fernröhre mit einem Mikrometer versah, um damit den Durchmesser von Himmelskörpern sowie überhaupt kleine

Winkel zu messen; er ist wenigstens der erste, der eine solche Vorrichtung beschrieben hat, und zwar in seinem *Systema saturnium* 1659. **Gascoigne** publicirte selbst nichts und die übrigen Erfinder, wie **Malvasia**, **Hooke** u. s. w. thaten es später. Das Mikrometer von **Huyghens** war übrigens, obwohl damit alle Messungen am Saturn gemacht sind, nicht zweckmäßig, wie dies bereits bei der Beschreibung desselben § 239 erwähnt ist.

Ein anderes praktisches Verdienst erwarb sich **Huyghens** dadurch, daß er den ersten Versuch machte, die relative Helligkeit zweier Lichter zu messen; es war der erste, wenn auch unvollkommene Schritt zur Photometrie, eines Zweiges der Optik, welcher später durch die Arbeiten von **Bouguer** eine wissenschaftliche Gestalt erhalten hat, aber dessen ungeachtet noch gegenwärtig viel zu wünschen übrig läßt. **Huyghens** stellte einen Vergleich an zwischen dem Licht der Sonne und dem des Sirius und zwar dadurch, daß er die Sonne durch ein 12 Zoll langes Rohr betrachtete, das an einem Ende eine Oeffnung von $\frac{1}{12}$ Linie, und am andern Ende ein mikroskopisches Glaskügelchen von $\frac{1}{24}$ Linie Halbmesser trug. Er berechnete, daß er mittelst dieser Vorrichtung $\frac{1}{27664}$ der Sonne übersehen könne, und da ihm dieser Theil der Sonne so hell erschien wie der Sirius bei Nachtzeit, so schloß er, die Sonne sei 27664 mal heller, als der Sirius. Veröffentlicht wurde dies Verfahren erst nach seinem Tode in dem Werke *Kosmotheoros*, welches 1698 zu Haag erschien.

Höfe und Nebensonnen.

266. Zu den Arbeiten im Gebiet der theoretischen Optik gehört zunächst eine Abhandlung über die Höfe und Nebensonnen. **Huyghens** schrieb sie auf Veranlassung eines derartigen am 12. März 1667 zu Paris beobachteten Phänomens, las sie erstlich in der pariser Akademie und theilte sie dann auch der londoner Gesellschaft mit, welche sie in die *Philosoph. Transactions* von 1670 eintrückte. Ausgearbeiteter erschien diese Abhandlung später unter

dem Titel: *Dissertatio de coronis et parheliis* im J. 1703 in den Oper. posthumis.

Das zwar nicht häufige aber unter günstigen Umständen so auffallend hervortretende Phänomen der Höfe und Nebensonnen war schon seit Aristoteles' Zeiten bekannt, und hatte namentlich im XVII. Jahrhundert durch ein Paar sehr ungewöhnliche und zugleich sorgfältig beschriebene Fälle die Aufmerksamkeit der Physiker erregt. Pater Scheiner sah im J. 1629 die Sonne von zwei concentrischen Farbenkreisen mit den Durchmessern 45° und 90° umgeben, und auf denselben so wie auf einem durch die Sonne gehenden weißen Horizontalkreis 6 Nebensonnen stehen, zwei über der Sonne und zwei auf jeder Seite derselben, wo der horizontale Kreis die beiden farbigen durchschneidet. Man hat später diese Stufe der Ausbildung des Phänomens das römische Phänomen genannt (§ 88). Einen ähnlichen Fall beobachtete der fleißige Hevel am 30. März 1660 zu Danzig und zwar an dem Mond, wo das Phänomen wegen der Lichtschwäche des Gestirns selten oder nie so ausgebildet vorkommt. Zwei concentrische Ringe oben durch andere Bogenstücke berührt umgaben den Mond, und auf dem inneren Ringe standen 2 Nebenmonde mit auswärts gekehrten Schweifen. Ein noch complicirteres Phänomen sah derselbe am 20. Februar 1661 an der Sonne, welches sogar das von Scheiner gesehene übertraf.

Derartige auffallende Erscheinungen mußten wohl in einer so regen Zeit, wie es die zweite Hälfte des XVII. Jahrhunderts war, die Physiker zum Nachdenken anspornen, und wirklich finden wir, daß bereits Descartes in seinem Buche *De meteoris* die Aeußerung ausspricht, es möchten wohl die Ringe und Höfe durch Eisnadeln oder Eissternchen, wie er sagt, gebildet werden, an denen das Licht eine Reflexion oder Refraktion erleide. Durch diese hingeworfene Idee, und durch ein im J. 1658 zu Warschau beobachtetes Phänomen von 5 Nebensonnen, wurde Huyghens veranlaßt über den Gegenstand nachzudenken, und die

Ansicht bei sich auszubilden, die er kurz nach der Erscheinung von 1667 vortrug.

Die von Huyghens aufgestellte Theorie hat den ersten Schritt zum Verständniß eines Phänomens geliefert, welches bis dahin ein völliges Räthsel war, und wenn sie auch von Hypothesen ausgeht, deren Wahrscheinlichkeit eben nicht groß ist, so muß man doch zugeben, daß sie für die Höfe größerer Art d. h. für die Farbenringe von 45° und 90° den größesten Theil der Erscheinungen ziemlich plausibel erklärt. Huyghens nimmt an, es schweben zur Zeit des besagten Phänomens Eiskügelchen etwa Hagelkörner in der Luft, die einen undurchsichtigen Kern einschließen, und von einer durchsichtigen Hülle umgeben sind, in welcher das Licht nach dem Snell'schen Refraktionsgesetz gebrochen wird. Er zeigt dann durch Rechnung und Zeichnung, daß das Resultat dieser Voraussetzung mit der Erfahrung übereinstimmt, wenn man die Durchmesser des undurchsichtigen und des durchsichtigen Theils für die Ringe von 45° im Verhältniß 48 : 100, und für die von 90° wie 68 : 100 annimmt.¹⁾

Für die Nebensonnen postulirt Huyghens ähnlich konstruirte Eiscylinder, und den weißen Horizontalkreis, der fast nie bei dem Phänomen fehlt, läßt er durch Reflexion des Lichts an der Oberfläche dieser Cylinder entstehen. Für gewisse Partikularitäten in dem von Scheiner beobachteten Phänomen sieht Huyghens sich genöthigt, den Eiscylindern noch andere Formen beizulegen.

Diese Hypothesen sind allerdings etwas complicirt, und sie entsprechen auch wenig unseren gereiften Kenntnissen von der Krystallisation des Eises; aber sie genügten doch vor der Hand, und bahnten den Weg zu befriedigenderen Erklärungen. Durch sie wurde Mariotte veranlaßt in seinem *Essai sur la nature des couleurs* vom J. 1681 die Entstehung der Ringe aus der Brechung des Lichts in dreiseitigen Eisprismen abzuleiten, eine Theorie, die mit

¹⁾ Wilde, Gesch. der Optik II, 279, 280.

der gegenwärtigen für richtig gehaltenen, ziemlich übereinstimmt (§ 216).

Doppelbrechung und Lichttheorie.

267. Die bisher genannten Leistungen von Huyghens sind an Zahl und Werth so bedeutend, daß sie gewiß vollkommen hinreichen würden mehr als einem Physiker, die sich darin theilten, einen guten Namen in der Geschichte der Wissenschaft zu erhalten, aber sie insgesamt verschwinden doch gegen eine, die ich absichtlich bis zuletzt verspart habe, weil sie allen übrigen die Krone aufsetzt. Es ist das Verdienst, welches sich Huyghens um die Kenntniß der doppelten Strahlenbrechung, und die darauf gebaute Theorie des Lichts erworben hat. Dies Verdienst allein würde Huyghens die Unsterblichkeit sichern, auch wenn nichts weiter von ihm bekannt geworden wäre.

Das Dokument, welches diese Frucht seines Genies auf die Nachwelt gebracht hat, ist eine kleine Schrift von nicht ganz 16 Bogen, welche im J. 1690 unter dem Titel: *Traité de la lumière* zu Leyden erschien. Sie ist in Form und Inhalt eins der ausgezeichnetsten und geistreichsten Werke der älteren Physik, und würde, selbst wenn sie zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts erschienen wäre, ihren Urheber zum Physiker ersten Ranges stempeln, denn bis zu dieser in unsere Zeit hineinragenden Epoche stand sie in ihrer Art unübertroffen, aber auch leider völlig unverstanden da!

Der *Traité de la lumière* von Huyghens ist ein recht augenfälliges Beispiel, wie ungemein schwierig es ist eine unpartheiische Geschichte der Physik zu schreiben, besonders für die späteren Zeiten, wo die Untersuchungen noch nicht bis zu einem gewissen Punkte abgeschlossen, die streitigen Ansichten noch nicht geschlichtet sind. Huyghens, gestützt auf die Erscheinung der Doppelbrechung im Kalkspath, kam zu der Ueberzeugung, und zwar viel klarer und bestimmter, als es bei Grimaldi der Fall war, daß das Licht aus den Schwingungen eines überall verbreiteten

imponderablen Wesens bestehen müsse, und daß es demgemäß auf eine analoge Weise fortgepflanzt werde wie der Schall in Luft.

Durch diese Idee erklärte er nicht nur die Reflexion und Refraktion des Lichts in gewöhnlichen unkrystallisirten Mitteln, sondern auch das wunderbare Phänomen der Bifurkation der Strahlen im Kalkspath und ähnlichen Krystallen so vollkommen, und belegte alle Umstände so genau durch Messungen, daß man hätte glauben sollen, seine Theorie würde unverzüglich die vollste Anerkennung von den Physikern seiner Zeit gefunden haben. Aber gerade das Gegentheil war der Fall! Huyghens veröffentlichte seine Ideen und Messungen zuerst im J. 1678. Ein böses Fatum hatte gewollt, daß neun Jahre früher 1669 sein großer Zeitgenosse und Nebenbuhler Isaac Newton, hauptsächlich gestützt auf Versuche mit Glasprismen, und offenbar auch geleitet durch die glücklichen Erfolge der Gravitationstheorie, gerade die entgegengesetzte Ansicht vom Licht aufstellte oder in Schutz nahm; daß nämlich das Licht aus konkreten Theilchen bestehe, die mit ungeheurer Schnelligkeit vom leuchtenden Körper ausgesandt werden, und je nach Umständen von dem beleuchteten Körper eine Abstoßung oder Anziehung erfahren. Diese Theorie, die Emissions- oder Emanationstheorie, ward sogleich bei ihrem Erscheinen von den Zeitgenossen mit Beifall aufgenommen, und setzte sich sehr bald auf eine unerschütterliche Weise in den Köpfen fest. Keiner wagte aus Scheu oder Achtung vor ihrem berühmten Urheber auch nur den leisesten Zweifel in ihre Richtigkeit zu setzen.

Da nun trat Huyghens mit seiner Undulationstheorie hervor, und sie, die vielleicht einige Anhänger gefunden hätte, blieb völlig unbeachtet. Selbst Newton, als er sich später mit dem der Emissionstheorie so widerstrebenden Phänomen der Doppelbrechung beschäftigte, stellte von demselben lieber eine falsche Erklärung auf, als daß er seine Ansichten vom Licht verlassen hätte.

Newton und seinen Zeitgenossen ist diese gänzliche Verkennung der Verdienste **Huyghens'** um das Licht noch allenfalls zu verzeihen, aber daß die Nachkommen sich in gleichem Maße dieser Sünde theilhaftig machten, daß es länger als ein Jahrhundert dauerte, ehe ein Einziger sich die Mühe gab, so tief in den Geist der Huyghens'schen Theorie einzudringen, als zu einer Prüfung und Vergleichung derselben mit der Newton'schen erfordert wird, das ist wirklich ein trüber Fleck in der Geschichte der Physik, und ein recht einleuchtender Beweis, wie schädlich die Autorität eines großen Geistes auf die nachfolgenden Zeiten einwirken kann, wenn sie sich so weit steigert, daß dadurch die unbefangene Forschung unterdrückt wird.

Zwar trat um die Mitte des vorigen Jahrhunderts unser Landsmann **Leonhard Euler** für Huyghens in die Schranken, und entwickelte in einigen Abhandlungen, die den Denkschriften der berliner Akademie von 1746 und 1752 einverleibt sind, die Vorzüge der Undulationstheorie vor der Emissionstheorie, allein da er den Gegenstand nur vom mathematischen Standpunkt aus auffaßte, mehr die Inkonsequenzen der Newton'schen Theorie nachwies, als die Huyghens'sche gegen verschiedene besonders von der Dispersion hergenommene Einwürfe zu rechtfertigen verstand, auch keine experimentelle Prüfung unternahm, um die Richtigkeit der Huyghens'schen Vorstellungen an den zwei Hauptkriterien, den Phänomenen der Beugung und Doppelbrechung, darzuthun, so mochte er wohl hie und da einen offenen Kopf in dem Glauben an **Newton** wankend gemacht haben, aber im Ganzen blieb die Lehre des großen Briten unerschüttelt stehen, wie alle Handbücher der Physik von jener Zeit bis zum Ende der XVIII. Jahrhunderts, und selbst noch weit darüber hinaus, aufs Sattsamste beweisen.

Erst einem Landsmann **Newton's**, dem scharfsinnigen **Thomas Young**, war es vorbehalten, in den Jahren 1801 bis 1803 die fast vergessene Undulationstheorie aus der Dunkelheit hervorzuziehen, und ihr durch genauere Unter-

suchung der Beugungs- oder Diffraktionserscheinung, sowie durch Wiederentdeckung und wissenschaftliche Begründung des Interferenz-Princips eine neue Stütze zu verleihen. Aber, als wenn nun einmal ein Bann auf dieser Theorie lastete! auch **Young** ward vergessen wie seine Vorgänger **Euler**, **Huyghens** und **Grimaldi**; weder im eigenen Vaterlande, noch in Frankreich, noch in Deutschland, wo man doch seine Abhandlungen übersetzte, fand sich ein Einziger, der ihren Geist erfasste, und es half selbst nichts, daß der fein beobachtende **Wollaston** im J. 1802 die Genauigkeit der von **Huyghens** am Kalkspath gemachten Messungen durch experimentelle Prüfung über allen Zweifel erhob. Es blieb beim Alten!

Endlich ums J. 1815 betrat ein neues Genie ersten Ranges **Fresnel** den Schauplatz der Wissenschaft, und unterstützt durch **Arago** erfocht er nach hartem Kampf mit den Newtonianern **Biot** und **Poisson** der Undulationstheorie den glänzendsten Sieg über ihre Gegnerin, und damit die vollste Rechtfertigung **Huyghens'** gegen seinen Nebenbuhler. Es giebt in der ganzen Geschichte der neueren Physik kein zweites Beispiel, wo die Wahrheit einer Sache durch das Schwören in verba magistri so lange unterdrückt worden wäre, wie eben hier die Theorie des Lichts.

Die Huyghens'sche Arbeit über das Licht ist noch in anderer Beziehung sehr lehrreich, indem sie einen überzeugenden Beweis von dem Nutzen der Theorien in der Wissenschaft giebt. Sie widerlegt aufs Schlagendste alle diejenigen, welche da lehren, daß Thatsachen und die daraus hergeleiteten Gesetze allein die Wissenschaft ausmachen, ganz dabei übersehend, daß die Theorie das Ziel der Wissenschaft ist, der einzige vernünftige Zweck, den man beim Sammeln von Thatsachen vor Augen haben kann.

268. Sehr viele Naturgesetze sind so einfach, daß sie sich unmittelbar aus den richtig beobachteten Thatsachen ergeben, und weiter nichts sind, als der allgemeine Ausdruck der Erscheinungen. Von dieser Art ist z. B. das

sogen. Mariotte'sche Gesetz, daß die Volumen einer Luftmasse sich bei gleicher Temperatur umgekehrt wie die darauf lastenden Drucke verhalten. Es giebt nun Naturforscher, welche voraussetzen, wiewohl ohne hinlänglichen Grund, daß alle Naturgesetze ebenso einfach seien, und wo sie ein solches nicht sogleich aus ihren Beobachtungen ablesen können, da brechen sie die Untersuchung ab unter dem Vorgeben, es sei kein Gesetz vorhanden. Um dergleichen Physiker zu widerlegen, braucht man sie nur auf das Gesetz zu verweisen, welches Huyghens für den einen der beiden Strahlen aufgefunden hat, in welche das Licht beim Eintritt in den Kalkspath zerspalten wird, für denjenigen Strahl, der, weil er im Allgemeinen nicht dem gewöhnlichen Refraktionsgesetze folgt, der ungewöhnliche oder außerordentlich gebrochene Strahl genannt wird.

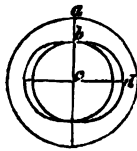
Dies Gesetz ist so complicirt, daß schon die bloße Beschreibung desselben ohne Hülfe von Figuren oder Modellen viele Schwierigkeit hat; der außerordentliche Strahl bleibt nämlich meist nicht in der Einfallsebene, sondern tritt bald auf der einen, bald auf der andern Seite zu ihr hinaus, liegt bald über, bald unter dem ordentlichen Strahl, je nach der Richtung des einfallenden Strahles, und nach der Lage der brechenden Fläche am Krystall. Und dennoch giebt es in der ganzen Physik kein Gesetz, das besser erwiesen wäre als eben das des außerordentlichen Strahles.

Das Huyghens'sche Gesetz aus einer Reihe von Winkelmessungen und dem bloßen Vergleich der gefundenen Zahlenwerthe abzuleiten, wie man sonst wohl Gesetze erräth, ist, man kann es dreist behaupten, ganz unmöglich. Selbst Huyghens würde es sicher nicht entdeckt haben, wenn er sich nicht vorher seine Ideen über die wellenartige Fortpflanzung des Lichts gebildet hätte. Allein, zugleich mit der Hypothese von der undulatorischen Fortpflanzung des Lichts, hat er durch die Aufstellung des Gesetzes für die Brechung des außerordentlichen Strahles

im Kalkspath einen Scharfsinn an den Tag gelegt, der bei Weitem alles übertrifft, was Newton im Gebiet der Optik geleistet hat.

Trifft ein Lichtstrahl auf die Oberfläche eines homogenen Mittels, wie Glas, Wasser u. dgl., so pflanzt er sich darin nach der Wellentheorie in allen Richtungen gleich schnell fort, die undulatorische Bewegung breitet sich kugelförmig aus. Dasselbe geschieht im Kalkspath mit demjenigen Licht, welches der gewöhnlichen Brechung folgt; Huyghens fand für dieses, wenn man mit i den Einfallswinkel und mit r den Brechungswinkel bezeichnet, konstant $\sin i : \sin r = 5 : 3$ oder $1 : 0,60$, und dies ist gemäß der Undulationstheorie das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts in Luft und Kalkspath. Als Huyghens hierauf das Brechungsverhältniß für die ungewöhnlichen Strahlen suchte, zeigte sich dieses nicht konstant, sondern verschieden nach Einfallsebene und Neigungswinkel der einfallenden Strahlen, und er folgerte aus seiner Untersuchung, daß die Wellenfläche des außerordentlichen Strahles keine Kugel, sondern ein Umdrehungsellipsoid sei, dessen Rotationsaxe mit der Hauptaxe des Krystalls oder einer Parallelen derselben zusammenfällt¹⁾. Die Geschwindigkeit des ungewöhnlich gebrochenen Lichts ergab sich längs der Axe ebenso schnell wie die Fortpflanzung der gewöhnlichen sphärischen Wellen, in jeder anderen Richtung größer und am größten senkrecht zur Axe. Das Verhältniß der kleinsten zur größten Geschwindigkeit wurde $= 8 : 9$ gefunden; danach würde diejenige in der Luft zu der größten im Ellipsoide sein $1 : \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}$ oder $1 : 0,67$. Alle diese

Fig. 33.



Vorgänge machte Huyghens anschaulich durch die Fig. 33. Beschreibt man um c mit dem Halbmesser $ca = 1$ eine Kugel, darin eine zweite mit dem Radius $cb = 0,60$ und um die Axe $cb = 0,60$ das Rotationsellipsoid, dessen große Axe $cd = 0,67$ ist, so würde eine von c

¹⁾ Wilde, Gesch. d. Optik II, 258.

ausgehende Lichtbewegung in der Luft die Kugelfläche mit dem Radius ca in derselben Zeit erreichen, in welcher die ordentlichen Strahlen im Krystall an die Kugelfläche mit Radius cb , und die außerordentlichen an das Ellipsoid gelangen. Demnach lautet das Gesetz: Die Aenderung der Geschwindigkeit des außerordentlichen Strahles im Kalkspath wird durch ein Umdrehungsellipsoid dargestellt, dessen Axen im Verhältniß $0,60 : 0,67$ stehen.

Die Entdeckung des Gesetzes, nach welchem der außerordentliche Strahl im Kalkspath gebrochen wird, macht an sich betrachtet noch lange nicht Huyghens' größtes Verdienst um die Optik aus, vielmehr muß man seinen Ideen über die wellenartige Fortpflanzung des Lichts, welche ihn eben auf die Entdeckung jenes Gesetzes leiteten, ganz unbedenklich einen noch höheren Werth beilegen. Denn durch diese Ideen hat Huyghens den Grund zur richtigen Erklärung auch aller übrigen optischen Phänomene gelegt, und so den heutigen Zustand der Optik vorbereitet, welcher, wenn man die Mechanik ausnimmt, vollkommener ist, als der irgend eines andern Zweiges der Physik.

Die Undulationstheorie ist zwar nicht so solide begründet wie die Gravitationstheorie, indem sie sich auf die hypothetische Existenz eines sonst nicht nachgewiesenen imponderablen elastischen Fluidums, des sogen. Aethers, im Weltenraume stützt; aber in jeder anderen Hinsicht rivalisirt sie vollkommen mit der Gravitationstheorie, ja übertrifft sie in mancher Beziehung. Denn einerseits giebt sie von den meisten Lichterscheinungen eine ebenso vollkommene Erklärung wie die Gravitationstheorie von den Bewegungen der Himmelskörper, und andererseits sind die Lichtphänomene, welche die Undulationstheorie erklärt, auch bei Weitem zahlreicher und mannichfaltiger als die Erscheinungen bei der Bewegung der Himmelskörper, die alle gleichsam Phänomene derselben Gattung sind.

Zu unserer heutigen Undulationstheorie hat Huyghens freilich nur den Grund gelegt, aber einen sehr soliden. Seine Ideen über die Lichtwellen überhaupt, deren Fort-

pflanzung, Zerlegung und Zusammensetzung haben durch Young und Fresnel sehr bedeutende Erweiterungen erfahren, aber einer Berichtigung haben sie nicht bedurft, vielmehr hat Fresnel ein Paar der Hauptsätze der Huyghensschen Theorie ganz unverändert beibehalten.

269. Zu Huyghens' Zeiten kannte man im Ganzen sechs Lichtphänomene:

1) Die Reflexion.

2) Die Refraktion.

Beide waren schon den Alten bekannt, und von der Reflexion kannten sie auch das Gesetz.

3) Die Dispersion.

Sie war den Alten empirisch ebenfalls in den Farben eckiger Glasstücke, dem Regenbogen u. s. w. bekannt; aber man kann die faktische Entdeckung derselben doch füglich nicht weiter zurückführen als bis zu Grimaldi, der zuerst die Verlängerung des durch ein Prisma gebrochenen Sonnenbildes in Richtung der Brechung beobachtete, also bis zum J. 1665.

4) Die Diffraktion oder Inflexion, entdeckt und beschrieben von Grimaldi im J. 1665.

5) Die Farben dünner Blättchen oder die Newton'schen Ringe, entdeckt von Hooke 1665. Man kann hiezu auch noch die Farben geritzter Flächen rechnen, die ebenfalls von Grimaldi sowie von Deschales studirt wurden.

Die drei letzten Phänomene in 4 und 5 sind eigentlich verschiedene Aeußerungen eines und desselben Vorganges, der gegenseitigen Einwirkung der Lichtstrahlen auf einander oder Interferenz, deren thatsächliche Entdeckung, obwohl nicht wissenschaftliche Erkennung, man ebenfalls Grimaldi zuschreiben muß (§ 153).

6) Die Doppelbrechung, zunächst im Kalkspath entdeckt und beschrieben von Erasmus Bartholinus 1669.

Von diesen Phänomenen hat Huyghens drei vollkommen erklärt, wenigstens so weit es die Richtung der

Lichtstrahlen betrifft, nämlich die Reflexion, die Refraktion und die Doppelbrechung, von denen **Newton** das letztere gar nicht oder sehr fehlerhaft, und die beiden andern nur unvollständig erklärt hat. Die Auseinandersetzung dagegen, welche **Huyghens** von diesen Erscheinungen gegeben hat, wird heut zu Tage als durchaus zutreffend erkannt, und wo es erforderlich ist, reproducirt.

Huyghens läßt die Aethertheilchen, deren Schwingungen die Lichtwellen konstituiren, in Richtung der Lichtstrahlen oder der Fortpflanzung des Lichts schwingen, also Longitudinalschwingungen machen, wie wir es von den Lufttheilchen bei Fortpflanzung des Schalles in Luft annehmen. Diese Annahme reicht zur Erklärung der Reflexion, der Refraktion und der Interferenz aus, ist aber nicht genügend, um das Phänomen der Polarisation zu erklären, vielmehr macht diese die Annahme von Transversalschwingungen oder von Schwingungen rechtwinklig zur Fortpflanzungsrichtung nothwendig, ähnlich wie wir sie bei den Wassertheilchen auf der Oberfläche des wellenschlagenden Wassers antreffen. Die Nothwendigkeit dieser Transversalschwingungen ist erst im zweiten Decennium dieses Jahrhunderts von **Fresnel** und **Arago** erkannt.

Es ist wohl bemerkenswerth, daß **Robert Hooke**, der überhaupt so manchen glücklichen Gedanken hatte, im J. 1672 in einer Mittheilung an die königl. Gesellschaft zu London die Idee aussprach, daß das Licht durch Impulse fortgepflanzt werde, die winkelrecht auf seiner Richtung seien (§ 248). Es war aber ein bloß hingeworfener Gedanke, weder theoretisch noch experimentell näher begründet.

270. Jenen sechs Phänomenen fügte **Huyghens** bei Gelegenheit seiner Untersuchung über die Doppelbrechung noch ein siebentes bis dahin unbekanntes hinzu, die Polarisation. Er hielt zwei Kalkspathrhomboëder hinter einander, so daß das Licht, welches zu dem ersten austrat, durch das zweite gehen mußte. Da beobachtete er dann folgendes:

Wenn beide Rhomboëder eine parallele Lage hatten, also ihre Hauptschnitte ¹⁾ parallel waren, so gingen die Strahlen aus dem ersten Rhomboëder ungeändert in das zweite; der ordentliche Strahl o im ersten wurde auch ein solcher im zweiten, und ebenso der außerordentliche a im ersten Rhomboëder ein a im anderen. Wurden aber die Hauptschnitte winkelrecht auf einander gestellt, so ward aus dem o des ersten Rhomboëders ein a im zweiten, und aus dem a des ersten ein o im zweiten Rhomboëder, wie man aus den Ablenkungen ersehen konnte, welche die Strahlen erfuhren, wenn man die Rhomboëder etwas weit auseinander rückte. In jeder Lage zwischen diesen zwei Stellungen wurden dagegen beide Strahlen des ersten Rhomboëders im andern in ein o und a zerlegt, so daß vier Bilder entstanden meistens von ungleicher Helligkeit, die überdies sich änderte mit der weiteren Drehung der Hauptschnitte zwischen ihrer parallelen und senkrechten Stellung.

Huyghens vermochte nicht sich diese sonderbare Erscheinung zu erklären, er begnügte sich mit ihrer faktischen Darlegung, und überließ die Aufhellung der Folgezeit. Ueber 130 Jahre stand sie da als ein einzelnes Kuriosum, im Ganzen wenig beachtet und noch weniger studirt, bis endlich im J. 1810 der französische Artillerie-Oberst **Malus** an dem unter einem gewissen Winkel reflektirten Licht die Eigenschaft auffand, die er Polarisation nannte und welche, wie sich bald ergab, dieselbe ist, welche die von Huyghens am Kalkspath beobachteten Erscheinungen hervorruft.

Es war übrigens am Kalkspath nicht allein, an welchem Huyghens die Doppelbrechung untersuchte, er studirte sie auch am Bergkrystall, aus dem er Prismen in ver-

¹⁾ Hauptschnitt ist die Ebene durch die kurze Diagonale einer Rhomboëderfläche und die gegenüberstehende Kante; in ihr liegt die Axe des Krystalls. Das Wort Hauptschnitt, *sectio praecipua*, *section principale*, stammt von Huyghens her, desgl. *refractio consueta*, *vulgaris* und *refractio insolita*.

schiedenen Richtungen schliff; er war aber hier, wo die Erscheinungen noch verwickelter sind, ebenfalls nicht vermögend die Räthsel zu lösen, die erst in neuerer Zeit durch Fresnel ihre, und vielleicht auch noch nicht einmal vollständige, Erklärung erhalten haben. Wenngleich nun Huyghens hier die Schwierigkeiten nicht besiegte, so that dies doch seinen anderweitigen großen Verdiensten um die Undulationstheorie keinen Eintrag. Er bleibt der hauptsächlichste, der wahre Begründer dieser fruchtbaren Lehre, welche gegenwärtig eine der Glanzseiten unserer Wissenschaft ausmacht.

Bartholinus. Römer.

271. Die Leistungen des großen Mannes, von dessen Thätigkeit ich bisher einen Abriss zu geben versucht habe, gingen im Gebiet der Optik von den Entdeckungen zweier Männer aus, die näher zu erwähnen, hier wohl der schicklichste Ort sein dürfte.

Erasmus Bartholinus, der schon genannte Entdecker der doppelten Strahlenbrechung, ist der eine von ihnen. Er war ein Däne von Geburt, geb. 1625 zu Roeskilde und gestorben 1698 als Prof. der Medicin und Mathematik an der Universität zu Kopenhagen und Beisitzer des höchsten Gerichts. Man hat verschiedene Werke von ihm, u. A.: *De cometis 1664 et 1665, Hafn. 1665*, ferner: *De aëre hafniensi, Francof. 1679* und dann, was eigentlich seinen Namen erhalten hat: *Experimenta crystalli islandici disdiaclastici, quibus mira et insolita refractio detegitur*. Es erschien 1669 zu Kopenhagen, merkwürdig genug in demselben Jahre, in welchem Newton seine Lichttheorie aufstellte, die an den in diesem Büchelchen beschriebenen Erscheinungen eine so gefährliche Klippe finden sollte.

Erasmus erhielt den Kalkspath, der als klarer Doppelspath ein bis dahin unbekanntes Mineral war, von dänischen Kaufleuten, die nach Island handelten, und stellte eine für die Zeit ganz gute Untersuchung damit an. Er maß die an dem Rhomboëder vorkommenden Winkel recht sorg-

fältig, und widmete der optischen Erscheinung, die er als sehr wunderbar hervorhebt, vielen Fleiß. Er sah, daß der eine Strahl dem gewöhnlichen Brechungsgesetz folge, der andere dagegen, den er den beweglichen nannte, davon abweiche; nach welchem Gesetz aber dieser zweite Strahl gebrochen werde, das zu ergründen, vermochte er nicht, auch das Phänomen der Polarisirung nahm er nicht wahr.

Auch des Erasmus älterer Bruder, Thomas Bartholinus, war ein sehr ausgezeichnete Mann, und geboren 1616 zu Kopenhagen; er starb 1680 als Leibarzt des Königs Christian V. Man zählt ihn zu den größten Anatomen des XVII. Jahrhunderts und nebenher war er auch ein guter Physiker, denn auf einer längeren Reise durch Italien machte er für damals recht sorgfältige Beobachtungen über das Leuchten gewisser Insekten, welche er in der früher genannten Schrift *De luce animalium* bekannt machte (§ 178). Er gehört ferner zu den Ersten, welche die Bemerkung machten, daß das Eis des Meerwassers nicht salzig sei, auch war er vermuthlich derjenige Däne, der ums J. 1665 den Jesuiten Deschales mit der Laterna magica bekannt machte, die er vielleicht auf seinen Reisen durch Holland oder Deutschland kennen gelernt hatte (§ 192).

Die zweite Person, welche gewissermaßen Huyghens vorarbeitete, war Olof Römer, auch ein Däne und ein hervorragender Mann. Er war geboren zu Aarhus im J. 1644, und starb 1710 in Kopenhagen. Durch Erasmus Bartholinus erhielt er seinen Unterricht in der Mathematik, für welche er und noch mehr für deren Anwendung ein ungewöhnliches Talent entwickelte. Von 1672 bis 1681 lebte er in Paris, und erwarb sich eine solche Achtung, daß man ihn zum Mitglied der Akademie ernannte, und nahm er seitdem an mehreren gemeinschaftlichen Arbeiten dieser gelehrten Körperschaft thätigen Antheil. Im J. 1681, dem Jahre der Aufhebung des Edikts von Nantes, kehrte er wie Huyghens in sein Vaterland zurück, um dort die Direktion der kopenhagener Sternwarte zu übernehmen. In dieser Stellung

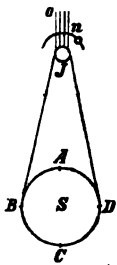
verblieb er bis zum J. 1705, wo er zum Bürgermeister von Kopenhagen erwählt wurde, und damit der Wissenschaft entsagte. Sein Nachfolger an der Sternwarte war Horrebow, der auch Römer's Leben beschrieben und seine Werke gesammelt hat.

Römer hat sich durch mehrere Arbeiten vortheilhaft bekannt gemacht, so zunächst durch eine 1675 in der pariser Akademie gelesene Abhandlung, worin er zeigt, daß die vortheilhafteste Gestalt für die Zähne von Räderwerken diejenige einer Epicykloide sei; dann durch Vervollkommnung der astronomischen Beobachtungsmethoden. Am berühmtesten ist er indeß durch die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts geworden, eine Entdeckung, die ihn zugleich mit den Arbeiten von Huyghens in Verbindung setzte. Zu dieser Entdeckung gab eine Reihe von Beobachtungen der Verfinsterungen des ersten Jupitertrabanten Anlaß, die Römer gemeinschaftlich mit Dom. Cassini in den Jahren 1672 bis 1676 anstellte.

Römer und Cassini machten die Bemerkung, daß die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Eintrittten des ersten Trabanten π in den Schatten o des Jupiters J , Fig. 34, oder den Austritten aus demselben, periodischen Schwankungen unterliege; daß sie der berechneten von $42^h 28' 42''$ gleich sei, sobald sich die Erde in A oder C

Fig. 34. auf ihrer Bahn $ABCD$ um die Sonne S befand, daß aber diese Dauer verringert wurde, wenn die Erde sich in der Hälfte CDA ihrer Bahn dem Jupiter J näherte, und daß sie dagegen vergrößert wurde, wenn die Erde sich von J entfernte. Das Maximum der Verringerung fand etwa bei D statt und betrug 14 Sekunden, und ebenso viel betrug das Maximum der Vergrößerung bei B .

Cassini kam hierdurch auf die Vermuthung, daß das Licht wohl einige Zeit gebrauchen müsse, um von dem Jupiter zu uns zu gelangen, und sprach sie im J. 1675



vor der pariser Akademie aus, liefs sie aber wieder fallen, weil er bei den Verfinsterungen der übrigen Jupitertrabanten ähnliche Schwankungen nicht entdecken konnte.

Römer andererseits hielt diesen Gedanken fest, und als er am 9. Nov. 1676 den Austritt des Trabanten um 10 Minuten später erfolgen sah, als es im August desselben Jahres der Fall gewesen war, sprach er auf das Bestimmteste aus, dafs die Erscheinung eine Folge der Bewegung der Erde und der gegen sie nicht unendlich grofsen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes sei. Er berechnete, dafs die Erde innerhalb $42\frac{1}{2}$ Stunden einen Weg von etwa 590 000 Meilen zurücklegt, dafs sie also dem Jupiter um so viel während der Dauer zwischen zwei einander folgenden Verfinsterungen seines ersten Trabanten näher oder ferner kommen müsse, je nachdem sie bei *D* oder *B* befindlich sei; dafs das Licht also 14 Sekunden gebrauchen müsse, um diese 590 000 Meilen zurückzulegen, und sich daher mit einer Geschwindigkeit von 42 000 Meilen in der Sekunde fortpflanzt.

Römer legte seine Messungen und Ansichten 1676 der pariser Akademie vor. Cassini erklärte sich dagegen und noch ein anderes Mitglied der Akademie, der Astronom Maraldi ebenfalls, letzterer aus dem Grunde, weil man, wie er sagte, noch eine andere Ungleichheit in der Zeit zwischen zwei Verfinsterungen, je nach dem Stande des Jupiters in seiner Bahn, beobachten müsse. Allein Huyghens und nicht lange darauf Newton nahmen Römer's Entdeckung in Schutz, und so gelangte sie denn zu allgemeiner Anerkennung.

Man hat später Römer'n die Entdeckung streitig machen und sie Cassini zuschreiben wollen, allein mit Unrecht; allerdings mag Cassini die erste Anregung dazu gegeben haben, aber ohne Römer wäre sie wenigstens im J. 1676 nicht gemacht. Das ist selbst das Urtheil gerechter Männer unter den Franzosen, wie z. B. des Astronomen Lalande. Römer's Erklärung fand hauptsächlich deshalb so viel Anstofs in der Akademie, weil ein grofser Theil der Mitglieder

derselben den Lehren **Descartes'** anhing, und dieser sonst so scharfsinnige Mann behauptet hatte, das Licht pflanze sich instantan fort, was im Grunde ein Unsinn ist, denn ein Ding kann nicht zugleich an zwei Orten sein; was sich bewegt, braucht auch Zeit.

Merkwürdig ist, wie **Descartes** auf diesen widersinnigen Schluß gerathen ist. Er sagt, wenn das Licht sich successiv fortpflanzt, so müsste aus seiner Geschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Erde eine scheinbare Bewegung der Fixsterne erfolgen, da nun aber diese nicht bekannt ist, so geschieht die Fortpflanzung des Lichtes momentan. Wir haben hier dasselbe Gemisch von Irrthum und Wahrheit, welchem wir bei **Descartes** so oft begegnen; man sieht er divinirte die Aberration, aber statt zu sagen, die Beobachtungen hätten diese noch nicht nachgewiesen, nahm er an, sie existire nicht, und zog den falschen Schluß in Bezug auf das Licht. Gescheuter waren gewiß die Mitglieder der *Accademia del Cimento*, die nach der Idee ihres Meisters **Galilei** wenigstens die Geschwindigkeit des Lichtes voraussetzten, und einen Versuch machten, sie auf Erden zu messen, der freilich mißglücken mußte (§ 177, No. XIII).

Römer's Entdeckung kam **Huyghens** sehr zu statten, denn da er bei allen seinen Betrachtungen das Licht als ein Bewegungsphänomen darzustellen hatte, so mußte es ihm natürlich höchst erwünscht sein, eine direkte Messung der Geschwindigkeit desselben zu haben. **Römer's** Entdeckung bildet daher in dem *Traité de la lumière* von **Huyghens** einen der Ausgangspunkte der Betrachtung.

Newton.

272. Wir haben in neuerer Zeit durch den schottischen Physiker **David Brewster** eine so ausführliche Lebensbeschreibung **Newton's** erhalten, und diese ist durch Uebersetzung so verbreitet bei uns, daß ich mich wohl darauf beschränken kann, nur die Hauptmomente des an äußeren Begebenheiten eben nicht reichen Lebens des großen Briten zu erwähnen.

Isaak Newton war geboren am 25. Dec. 1642 alten Styls, also am 5. Jan. 1643 nach unserem heutigen Kalender zu Woolsthorpe, einem Dörfchen im Kirchspiel Colsterworth in der Grafschaft Lincoln, südlich von der Stadt Grantham. Obwohl es historische Regel ist die Data zu lassen, wie sie ursprünglich waren, und sie nicht nach dem später eingeführten gregorianischen Kalender zu ändern, so verdient doch hier hervorgehoben zu werden, daß **Newton** nur nach altem Kalender im J. 1642 geboren ist, und zwar deshalb, weil man es wohl als ein Kuriosum (ein auf Seelenwanderung anspielendes) angeführt findet, daß **Newton** in demselben Jahre geboren sei, in welchem **Galilei** gestorben ist. Das ist nun aber in Wahrheit nicht der Fall. Allerdings ist **Galilei** am 8. Jan. 1642 gestorben, allein das ist nach neuem Kalender gerechnet, und bei einem chronologischen Vergleich wie der genannte, müssen offenbar die Data nach gleichem Kalender genommen werden. Rechnet man nun nach dem neuen, dem zufolge **Newton** am 5. Jan. 1643 geboren ist, so geschah dies fast ein Jahr nach **Galilei's** Tod, und 100 Jahre nach dem von **Kopernikus** im Mai 1543 alten Styls. Uebrigens rechnete man zur Zeit der Geburt **Newton's** in England nicht allein nach dem alten Kalender, sondern fing das Jahr erst mit dem 25. März an. Erst 1752 ward der Anfang des bürgerlichen Jahres auf den 1. Januar verlegt.

Newton's Vater, dessen Vorname ebenfalls **Isaak** war, starb im 36. Jahr einige Monate nach seiner Verheirathung mit unseres **Newton's** Mutter, die daher als Wittwe niederkam mit demselben, und zwar zu früh; deshalb war denn auch das Kind ungewöhnlich klein, und von so schwächlichem Bau, daß man für sein Leben fürchtete, also wie bei dem ebenfalls zu zeitig geborenen **Keppler**. Wunderbar genug sollte aber dieser gebrechliche Körper nicht nur einem der kräftigsten Geister, die je gelebt, zur Hülle dienen, sondern auch ein Alter erreichen, das weit über die gewöhnliche Dauer des menschlichen Lebens hinausging. Drei Jahre hernach verheirathete sich **Newton's**

Mutter wieder, und übergab in Folge dessen die Pflege des Kindes ihrer eigenen Mutter. Als indess ihr zweiter Mann, der Pfarrer Smith zu North-Witham, einem benachbarten Orte, im J. 1656 ebenfalls gestorben war, zog sie mit ihren drei Kindern nach Woolsthorpe zurück, und übernahm auch wieder die Sorge für den jungen Newton. Zu Woolsthorpe besaß sie ein kleines von ihrem ersten Mann ererbtes Grundstück, welches ihr mit einem anderen in der Nachbarschaft das spärliche Einkommen von 80 Lstrl. gewährte; ihr Wunsch war, daß Newton diese Gehöfte verwalten und demgemäß die Landwirthschaft erlernen sollte.

Allein dieser zeigte schon von frühester Jugend an einen ganz anderen Hang. Still und nachdenkend nahm er selten Theil an den Erholungen seiner Gespielen, und beschäftigte sich vorzugsweise mit dem Lesen alter Bücher, die er bei dem Apotheker Clark in Grantham auftrieb, oder mit dem Anfertigen von Maschinen. So weiß man u. A., daß er eine sehr künstliche Windmühle, einen durch ein Räderwerk bewegbaren Wagen und eine Wasseruhr verfertigte, desgleichen ein Paar Sonnenuhren, die sich bis in die neueste Zeit erhalten haben, und von denen die bessere erst kürzlich von dem Hause in Woolsthorpe abgelöst, und in den Räumen der königl. Gesellschaft niedergelegt worden ist. Selbst Spiele, wie z. B. mit Drachen, dienten ihm weniger zur unmittelbaren Erholung als zur Gelegenheit darüber nachzudenken, wie diese wohl am besten anzufertigen seien, damit der Wind am kräftigsten auf sie einwirke.

Nachdem die Mutter mehrere vergebliche Versuche gemacht, ihren Sohn für die Landwirthschaft heranzuziehen, und sie auch hinlängliche Proben von seiner Untauglichkeit zu dieser Beschäftigung erhalten hatte, gab sie den Vorstellungen ihres Bruders, eines Pfarrers, der auf dem Trinity-College in Cambridge studirt hatte, Gehör und schickte ihren Sohn in dasselbe Kollegium. Am 5. Januar 1660 in einem Alter von 18 Jahren bezog Newton die Universität Cambridge, die bald die Wiege seines Ruhmes werden

sollte. Vom J. 1660 bis 1667 machte er in dem Trinity-College alle Grade durch, welche die steifen Formen des englischen Universitätslebens vorschreiben; im letzteren Jahr wurde er Magister und älterer Collegiat.

Während dieser Jahre studirte er die berühmtesten Werke der damaligen Zeit im Gebiet der Mathematik, Physik und Philosophie, z. B. die Geometrie des **Descartes**, die Arithmetik des Unendlichen von **Wallis**, **Kepler's** Optik, **Saunderson's** Logik u. s. w. Aber er studirte sie nicht bloß, sondern dachte auch selbstständig über alle darin behandelten Gegenstände nach. Wir werden weiterhin sehen, daß die Keime aller seiner Hauptentdeckungen aus dieser Zeit herkommen. Das Ansehn, welches er damals genoß, war bereits so groß, daß der Dr. **Barrow**, sein Lehrer und seit 1663 Prof. der Mathematik in Cambridge, unserm **Newton** im J. 1669 die Herausgabe seiner optischen und geometrischen Vorlesungen anvertraute, und **Barrow** bekennt in der Vorrede, dass ihm **Newton** manchen wichtigen Beitrag zu dem Werke mitgetheilt habe. In demselben J. 1669 entsagte **Barrow** den exakten Wissenschaften, um sich ganz der Theologie zu widmen. Er legte die Professur der Mathematik nieder und zwar zu Gunsten **Newton's**, der nun hierdurch die Bahn seiner glänzenden Entdeckungen betrat.

Der eben genannte **Isaak Barrow**, der Sohn eines Leinenhändlers zu London, war geb. 1630 und starb 1679 während eines Besuchs in London als Master des Trinity-College in Cambridge, welche Stellung ihm der König unter dem schmeichelhaften Beisatz: als dem besten Schüler von England, verliehen hatte. Er mochte dieses Lob zum Theil wohl damit eingeerntet haben, daß er ein sehr eifriger Royalist war.

Barrow ist in England ebenso sehr und mehr fast noch durch seine theologischen Schriften als durch seine mathematischen bekannt, indess sind es doch die letzteren, namentlich seine *Lectiones opticae*, London 1669 und *Lectiones geometricae* 1670, welche seinen Namen erhalten

haben. Besonders hat er sich durch die ersteren ein ganz ehrenwerthes Andenken in der Geschichte der Optik gesichert, indem er darin zuerst das Problem der Brennpunkte sowohl für parallel als nicht parallel auffallende Strahlen für Linsen von allen Gestalten löst, aber freilich noch nach geometrischer Methode, die ihn zwingt jede Linse für sich zu betrachten, wodurch denn die Untersuchung sehr weit-schweifig wird. Jedenfalls war es aber ein Fortschritt, da **Cavalieri** nur den Brennpunkt für parallel einfallende Strahlen bestimmt hatte.

273. Um wieder auf **Newton** zurückzukommen, so bekleidete er die Professur der Mathematik, welche mit bedeutenden Emolumenten verknüpft gewesen zu sein scheint, über 30 Jahre lang und zierte sie schon in der ersten Zeit durch die optischen Vorlesungen, welche er von 1669 bis 1671 hielt. Im letzten Jahr, eigentlich 11. Jan. 1672, wurde er zum Mitglied der londoner Gesellschaft erwählt, hauptsächlich auf Veranlassung eines von ihm selbst verfertigten Spiegelteleskops, welches er darauf aus Dankbarkeit der Gesellschaft verehrte (§ 242).

Von 1669 bis 1695 änderte sich in seiner äußeren Stellung nichts, in diesem Jahre wurde er aber durch seinen Freund **Montague**, nachmaligen Grafen Halifax, der das einflußreiche Amt eines Kanzlers des Finanzkollegiums bekleidete, zum Aufseher der königl. Münze ernannt. Diese Stelle war freilich nur eine untergeordnete, aber doch sehr vortheilhaft für **Newton**, denn sie brachte ihm 4—500 Lstrl. ein, und nebenbei konnte er ungestört seine Professur verwalten. Aus Erkenntlichkeit für diese erste Unterstützung, welche **Newton** unmittelbar vom Staat zu Theil geworden, wählte die königl. Gesellschaft im J. 1695 den Kanzler **Montague** zu ihrem Präsidenten; Mitglied war er schon.

Die Münzaufseherschaft war nicht der einzige Freundschaftsbeweis, den **Montague** an **Newton** erwies; vielmehr beförderte er ihn im J. 1699 zum königl. Münzmeister, einer Stellung, mit welcher das bedeutende Einkommen von 12—1500 Lstrl. verknüpft war. **Montague** hatte hier-

bei nicht allein die Absicht, seines Freundes äußere Lage zu verbessern, sondern er wollte zugleich dessen Kenntnisse zur Ausführung einer sehr wichtigen Maßregel benutzen; nämlich zur allgemeinen Umprägung der Münsen und zur Zurückführung derselben auf ihren früheren Werth.

In Folge dieser seiner Erhebung zum königl. Münzmeister, mit welcher Stellung die Professur sich auf die Dauer nicht mehr recht vereinigen ließ, legte er diese im J. 1703 nieder und zwar zu Gunsten William Whiston's, eines Mannes, der sich durch theologische und mathematische Schriften einen vortheilhaften Ruf erworben, aber das Unglück hatte, sich mit der Lehre von der Trinität nicht verständigen zu können, und da er sich unterfing gegen dieselbe zu schreiben, schon im J. 1710 seines akademischen Amtes entsetzt wurde, und seine Schrift durch einen geistlichen Gerichtshof verdammt sah. Es ist dies derselbe Whiston, der durch eine Kosmogonie, welche unter dem Titel: *A new theory of the earth, London 1696* erschien, eine gewisse Rolle in der Geologie spielt. Er war geb. 1667 zu Norton, Leicestershire, und starb 1752 zu London.

Newton lebte nun, nach Niederlegung der Professur in Cambridge und bald darauf zum Präsidenten der londoner Gesellschaft ernannt, theils in London, theils in dessen Nähe zu Kensington. Vom 80. Lebensjahre an hatte er mit mancherlei körperlichen Leiden, Steinbeschwerden, Gicht und Lungenentzündung zu kämpfen, und obwohl ihm durch seine sehr gebildete Nichte Catharine Barton, die mit ihrem Manne, einem Herrn Conduit, bei ihm wohnte, alle mögliche Pflege zu Theil ward, er auch häufig von bedenklichen Anfällen wieder genafs, so wirkte doch die Fahrt, die er von Kensington nach London machte, um dort am 28. Februar 1727 in der königl. Gesellschaft zu präsidiren, so nachtheilig auf ihn, dafs er nach seiner Rückkehr zu Kensington am 20. März 1726 d. h. am 31. März 1727 (vergl. § 272) im 85. Lebensjahre verschied.

Sein Leichnam ward mit großem Pomp nach London gebracht, und auf speciellen Befehl des Königs Georg I. in der Westminster-Abtey, dem Pantheon der großen Männer Englands beigesetzt. Das Leichentuch trugen der Lord-Oberkanzler und die Herzöge von Roxburgh und Montrose, drei Pairs von England und die Grafen von Pembroke, Sussex und Macclesfield, sämmtlich Mitglieder der königl. Gesellschaft. Ein prächtiger Sarkophag auf Kosten seiner Erben errichtet bezeichnet die Stelle, wo seine Ueberreste ruhen. Später 1755 wurde ihm auch in Cambridge ein Standbild errichtet, und im Tower 1781 eine Gedächtnismünze auf ihn geprägt mit dem Motto: *Felix cognoscere causas*.

In den letzten Jahren seines Lebens beschäftigte sich Newton vielfach mit theologischen Gegenständen, und noch lange nach seinem Tode, nämlich 1736, ist ein Werk von ihm erschienen über den Propheten Daniel und die Offenbarung Johannis, welches sich aus jenen Zeiten herzuschreiben scheint. Der bekannte französische Physiker Biot hat diese religiöse Richtung Newton's als Folge einer früheren mit Geistesabwesenheit verknüpften Krankheit darzustellen gesucht; dagegen ist Brewster sehr lebhaft aufgetreten. Er bekämpft nicht nur diese Ansicht, sondern bestreitet auch, daß Newton überhaupt je an Geisteszerüttung gelitten habe. Indefs ist es allgemeine Annahme, welcher selbst von den Herausgebern eines neueren in England erschienenen biographischen Werkes beigetreten wird, daß Newton im J. 1693 in Folge angestrengten Nachdenkens in eine Krankheit verfiel, die mit Geistesabwesenheit oder Schwäche verbunden war, so daß er selbst seine eigenen Werke nicht mehr verstehen konnte, daß aber dieser Zustand nur von kurzer Dauer war und niemals wiederkehrte.

Wie weit dies begründet sei, muß dahin gestellt bleiben; die Möglichkeit des Faktums wird Niemand bestreiten können, und wie niederschlagend auch der Gedanke sein mag, daß selbst ein so erhabener Geist wie Newton den menschlichen Schwächen wenigstens zeitweise

unterlag, so kann dies doch nicht den geringsten Schatten auf ihn werfen. Sehen wir ihn doch in allen anderen Dingen den gewöhnlichen Gesetzen des physischen Lebens unterworfen, ja selbst bei seinen optischen Untersuchungen dem nur zu oft anwendbaren Satz: *Errare humanum est!* was freilich seine Anhänger z. B. Biot, Brewster, lange nicht zugeben wollten.

In Vertheidigung der theologischen Werke Newton's, sowie bei einigen anderen Punkten ist Brewster überhaupt viel zu weit gegangen. Brewster klagt z. B., daß Newton kein Zeichen der Nationaldankbarkeit zu Theil geworden sei. Allein Newton ist geehrt und belohnt worden, wie selten ein Gelehrter, zumal auf dem Kontinent. Er erhielt von der Königin Anna die Ritterwürde, er genoß am Hofe Georg's I. die ausgesuchtesten Ehrenbezeugungen, ward zweimal zum Mitglied des Parlaments gewählt, endlich hinterließ er, obwohl in Dürftigkeit geboren, bei seinem Tode ein Vermögen, das in damaliger Zeit selbst für England sehr bedeutend war, über 30 000 Lstrl., die liegenden Gründe ungerechnet. Dies Vermögen ging ganz auf Seitenverwandte über, da er, wie schon früher erwähnt, gleich seinen beiden großen Zeitgenossen Huyghens und Leibnitz unverheirathet starb.

274. Die Leistungen Newton's sind nicht so zahlreich, wie man nach der Thätigkeit seines Geistes und der Länge seines Lebens vermuthen könnte, aber sie sind um desto gediegener und inhaltreicher. Sie zerfallen, wie die Arbeiten fast aller bedeutenden Physiker des XVII. Jahrhunderts in: 1) rein mathematische; 2) mechanische und astronomische; 3) optische, wozu man noch ein Paar vereinzelte Arbeiten in andern damals kultivirten Zweigen der Physik rechnen kann. Die meisten dieser Arbeiten tragen einen mathematischen Charakter an sich, selbst die experimentellen. Newton's Experimente gingen nicht auf die Ausspürung neuer Thatsachen aus, sondern hatten den Zweck, vorhandene auf ihre Ursache zurückzuführen. Es war nicht die Breite, sondern die Höhe

und Tiefe der Wissenschaft, auf welche er sein Falkenauge gerichtet hatte, und in dem Aufschwung zu solchen Gipfelpunkten der Forschung hat er Vorbilder aufgestellt, die für alle Zeiten als Muster dastehen werden.

Ich will mit Auseinandersetzung der optischen Leistungen beginnen. Durch sie ist Newton unter seinen Zeitgenossen fast bekannter und berühmter geworden, als durch die im Gebiete der Mechanik und Astronomie. Noch bis vor wenigen Decennien wurden sie diesen letzteren völlig gleich gestellt an Werth, und es war sogar gefährlich Zweifel an ihrer Richtigkeit zu äußern. Jetzt hat sich die Sache anders gestaltet. Einerseits hat sich das Gebiet der Optik so ausgedehnt, daß die von Newton behandelten Gegenstände nur noch einen kleinen Theil von denselben ausmachen, und andererseits hat die Erweiterung des Gesichtskreises gezeigt, wie ich dies schon bei Huyghens aneinander setzte, daß die von ihm aufgestellte Theorie, so vollkommen sie auch früher erschien, nicht einmal für diejenigen Phänomene ausreicht, für welche sie ursprünglich berechnet war, geschweige denn, daß sie die später entdeckten Erscheinungen befriedigend erklärte. Dennoch nehmen diese Newton'schen Arbeiten immer einen ehrenvollen Platz ein unter den Bestrebungen die Natur des Lichts zu erforschen, und sie verdienen keineswegs die Herabsetzung, die ihnen durch Göthe und dessen Anhänger zu Theil geworden ist. Schon aus geschichtlicher Rücksicht gebührt ihnen einige Achtung, denn was über ein Jahrhundert so viele ausgezeichnete Geister befriedigte, kann jedenfalls nicht ganz ohne Verdienst sein.

Newton's optische Arbeiten entsprangen zunächst aus Versuchen mit Glasprismen, die seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts bekannt waren, ohne daß man angeben kann, von wem sie herkommen. Ein solches kaufte er sich im J. 1666 zu Cambridge, um sich mit den Erscheinungen desselben bekannt zu machen; nachdem er sich an den prachtvollen Farben hinlänglich ergötzt hatte, ging er zu einer näheren Untersuchung über. Da es

immer interessant ist die ersten Anfänge einer Forschung im Detail zu kennen, und da wir grade hier Gelegenheit haben die Sorgfältigkeit, mit welcher Newton bei seinen Arbeiten verfuhr, kennen zu lernen, so wollen wir diese Versuche ausführlich betrachten.

Er verfinsterte ein Zimmer, indem er dessen Fensterläden schloß, machte in dem Laden ein rundes Loch von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, und ließ durch dasselbe Sonnenlicht auf das Prisma fallen. Das erste, was ihm dabei auffiel, war die Verlängerung des prismatischen Bildes oder Spektrums, wie er es schon nennt; es hatte eine Länge von $13\frac{1}{4}$ Zoll. Der Abstand der senkrechten Wand, welche das Spektrum auffing, von dem Loch betrug 22 Fufs, und als er nun hieraus die Divergenz der ausfahrenden Strahlen berechnete, fand sich, daß sie über fünfmal größer war als die der einfallenden, nämlich $2^{\circ} 49'$, letztere $31'$. Der Prismenwinkel an der brechenden Kante betrug $63^{\circ} 12'$, Einfallswinkel und Ausfallswinkel nahe $54^{\circ} 4'$.

Hierüber gab ihm nun die Optik von Descartes, die bisher seine Lehrerin gewesen war, keinen Aufschluß. Er dachte nun zuvörderst, es möchten wohl Unvollkommenheiten seines Prismas die Erscheinung veranlaßt haben, und brachte daher hinter jenem ersten Prisma ein zweites in umgekehrter Lage an, damit es das Licht in entgegengesetzter Richtung brähe; er glaubte, daß dadurch die regelmäßigen Wirkungen des ersten Prismas sich aufheben, die unregelmäßigen dagegen sich vergrößern würden. Allein zu seinem Erstaunen sah er, daß hierdurch das lange Farbenbild auf ein vollkommen rundes und farbloses Sonnenbild zurückgeführt ward, in ein so regelmäßiges, als ob die Strahlen gar nicht durch Glas gegangen wären. Unregelmäßigkeiten des Prismas, schloß er hieraus, konnten also die Ausbreitung der Strahlen nicht verursacht haben.

Nun fiel ihm bei, ob nicht die kleine Verschiedenheit in dem Einfallswinkel der um $31'$ divergirenden Sonnenstrahlen von Einfluß gewesen sein könne. Allein auch

diese Vermuthung erwies sich ungenügend, denn als er das Prisma beträchlich hin und her drehte, änderten sich die Farben dadurch nur sehr unmerklich. Jetzt kam er auf den Gedanken, ob wohl die Lichtstrahlen nach ihrem Austritt aus dem Prisma eine krummlinige Gestalt hätten? Diese Frage mußte jedenfalls beantwortet werden. Er untersuchte auch diese, indem er den Abstand der Wand vom Prisma successive verringerte, und dabei jedesmal auch die Ausbreitung des Farbenbildes. Da fand er denn, daß der Divergenzwinkel der Strahlen derselbe blieb, mithin also die Strahlen gradlinig sein mußten.

Hierdurch belehrt, daß die Ausbreitung des Farbenbildes kein zufälliges Phänomen sei, sondern aus der Divergenz der ausfahrenden Strahlen entspringe, zog er nun den Schluß, daß das weiße Licht nicht homogen sei, sondern daß es aus Strahlen verschiedener Farbe und verschiedener Brechbarkeit bestehe, die eben wegen ihrer verschiedenen Brechung durch das Prisma von einander gesondert werden.

Zur Bestätigung dieser Ansicht stellte er noch folgende Versuche an: Er stellte hinter das erste Prisma ein Brett mit einem kleinen Loch, und in 12 Fuß Entfernung davon ein zweites Brett mit eben solchem Loch, und dahinter wiederum ein zweites Prisma. Vermöge dieser Vorrichtung mußten die zum ersten Prisma ausfahrenden Strahlen immer unter denselben Winkeln auf das zweite fallen. Durch eine kleine Drehung des ersten Prismas konnte er es nun leicht dahin bringen, daß nach einander ein violetter, blauer, gelber und rother Strahl auf das zweite Prisma fiel, und dabei beobachtete er ganz unzweideutig, daß der violette stärker gebrochen wird als der gelbe, der gelbe stärker als der rothe u. s. w. Er hielt auch hinter ein erstes horizontal gestelltes Prisma ein zweites in vertikaler Stellung, so daß die zweite Brechung winkelrecht zur ersten wurde; da nahm dann das Spektrum eine schiefe Lage an, wobei das violette Ende am meisten verschoben ward. Endlich betrachtete er auch

ein halb roth, halb blau gefärbtes Papier durch ein Prisma, und sah dabei die blaue Hälfte mehr verschoben als die rothe.

Alle diese Versuche befestigten ihn in der Ansicht, daß das weiße Licht aus unzählig vielen Farbestrahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehe, und daß zu demselben Grade von Brechbarkeit immer ein und dieselbe Farbe gehöre.

275. Die genauere Untersuchung der Dispersion, und die darauf gegründete Ansicht von der Zusammengesetztheit des weißen Lichts, macht den bleibendsten Theil von Newton's optischen Verdiensten aus. Wie unwahrscheinlich auch die Lehre von der Zusammensetzung des weißen Lichts aus unzählig vielen oder auch nur sieben Farben erscheinen mag, und wie oft sie auch zum Theil ganz unverständiger Weise z. B. von Göthe angegriffen worden ist, so hat man doch bisher keine bessere an ihre Stelle setzen können, und sie ist unverändert in die heutige Undulationstheorie aufgenommen worden. In gewissem Sinne wird sie auch immer bestehen bleiben, denn es kann im Grunde nur darüber gestritten werden, ob die Farben des Spektrums ursprünglich im weißen Licht enthalten sind, oder erst durch Wirkung des Prismas, beim Aufstoßen des Lichts auf dessen Masse, daraus gebildet werden.

Wann Newton sich diese Erklärung der Dispersion gebildet hat, ist nicht ganz sicher anzugeben. Einige sagen im J. 1666, andere 1669. Wenn man erwägt, daß Newton seiner eigenen Angabe gemäß sich erst 1666 ein Prisma kaufte, daß er in demselben Jahre gezwungen war Cambridge wegen der Pest zu verlassen, und innerhalb zwei Jahren seine Untersuchungen nicht fortsetzen konnte, so dürfte das Jahr 1669 das wahrscheinlichere sein. Dazu kommt noch, daß Newton in dem letzteren Jahr die Herausgabe von Barrow's optischen Vorlesungen besorgte, worin über die Farben höchst unhaltbare Ansichten vorgetragen werden. Wenn Newton schon im J. 1666 eines Besseren belehrt gewesen wäre, so sollte man meinen, er

hätte seinen Lehrer abgehalten solche Dinge bekannt zu machen. Indefs bleibt dies nur Vermuthung, er könnte auch seine Gründe gehabt haben seinem Freund und Lehrer nicht zu widersprechen, oder sein Eigenthum noch zu bewahren.

Die Entdeckung der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstrahlen führte Newton zu der Ansicht, daß sie eine Hauptursache von der Unvollkommenheit der damaligen Fernröhre sei. Er überzeugte sich, daß eine Linse, auf welche weißes Licht einfällt, die violetten Strahlen in einem ihr näheren Punkt vereinige als die rothen, und daß demnach, wenn man hinter der ersten Linse eine zweite aufstelle, man nicht gleichzeitig die von den violetten und rothen Strahlen gebildeten Bilder deutlich sehen könne.

So weit war er vollkommen im Recht; allein zugleich machte er stillschweigend die nicht gerechtfertigte Voraussetzung, daß in jedem Spektrum die Farbenvertheilung dieselbe sei, gleichviel aus welcher Substanz das brechende Mittel, das Prisma, die Linse, bestehe. Dies führte ihn dann zu dem unrichtigen Schluß, daß es überhaupt unmöglich sei vollkommene Fernröhre herzustellen, d. h. solche, die im weißen Licht durchaus scharfe und farblose Bilder geben. Er folgerte, daß man solche vollkommene Bilder nur allein durch Reflexion erlangen könne, und dies gab ihm Veranlassung sich mit eigener Hand auf die Anfertigung von Spiegel-Teleskopen zu legen.

Es wird von Biot angegeben, Newton habe das Spiegel-Teleskop erfunden, aber dies ist ein Irrthum, Newton selbst gesteht in einem Briefe an Oldenburg vom 4. Mai 1672, daß er das Instrument durch James Gregory's *Optica promota* 1663 kennen gelernt habe; allein er veränderte und verbesserte die Konstruktion desselben, und führte danach ein so vollkommenes Exemplar aus, daß es, obwohl nur 6 Zoll lang, so viel leistete wie ein 6füßiges Fernrohr damaliger Zeit. Die erste Nachricht darüber findet sich in einem Briefe von Newton an seinen Freund Ent datirt

vom 28. Februar 1668 (d. h. 1669 s. § 272), der auch dadurch merkwürdig ist, daß darin die ersten Winke über seine Entdeckung hinsichtlich der Farben enthalten sind.

Als die königl. Gesellschaft vom Dasein dieses Instruments Kunde erhielt, bat sie sich dasselbe zur Ansicht aus, und Newton schickte es im December 1671 an den Sekretär Oldenburg. Seit der Zeit fing Newton's Name an in größeren Kreisen berühmt zu werden wie Galilei durch das Fernrohr, obgleich beide die von ihnen verfertigten Instrumente nicht erfunden hatten. König Karl II. und sein Hof bewunderten Newton's Instrument und die Royal Society erwählte den Anfertiger, wie früher bereits erzählt (§ 242), zu ihrem Mitglied. Aus Erkenntlichkeit dafür übersandte ihr Newton unter dem 6. Februar 1671 (1672) einen Abriss seiner bisherigen Entdeckungen über das Licht, welche die königl. Gesellschaft in ihre Transactions für 1672 einrücken ließ. Dadurch wurden Newton's Arbeiten der Welt bekannt. Sie erwarben ihm eifrige Bewunderer, doch in der ersten Zeit mehr Gegner als Anhänger, und es ward von jenen zum Theil mit sehr unhaltbaren Gründen die Lehre von der Dispersion bestritten.

276. Einer der ersten unter den Gegnern war der Pater Ignatius Gaston Pardies, Professor der Mathematik zu Clermont, geb. 1636, gest. 1678. Er behauptete, die Verlängerung des Farbenbildes entspränge aus der verschiedenen Incidenz der einfallenden Strahlen, obwohl Newton diesen Einwurf schon vorweg widerlegt hatte, und als Newton noch besonders darauf antwortete, nahm jener, ein Schüler Descartes', seine Zuflucht zu Grimaldi's Hypothese vom Breiterwerden des gebrochenen Strahles und zu Hooke's Wellentheorie.

Hierauf trat der Jesuit Franciscus Linus in die Schranken, ein Mann, der schon durch seine Opposition gegen die Lehre vom Luftdruck eine eben nicht vortheilhafte Probe seines Berufs zum Physiker abgelegt hatte (s. § 150 u. 208). Derselbe behauptete kühn, daß bei vollkommen klarem Himmel das Sonnenbild niemals durch das Prisma

verlängert werde, daß die Verlängerung des Farbenbildes nur durch das Licht von seitlichen weißen Wolken erzeugt werde. Dies gab dann zu Repliken und Gegenrepliken Anlaß, die nicht einmal durch Linus' Tod ihre Endschaft erreichten, da namentlich einer von dessen Landsleuten Anton Lucas die Diskussion fortsetzte.

Anton Lucas, ein Schüler des Linus, war ein verständiger Mann. Er bestätigte im Ganzen Newton's Beobachtungen, der Erste auf dem Kontinent und behauptete nur, er könne die Verlängerung des Farbenbildes nicht so groß finden, wie sie Newton gefunden, nämlich statt 5 mal nur 3- oder $3\frac{1}{2}$ mal. Newton antwortete darauf, das läge an der Kleinheit des brechenden Winkels seines Prismas, der nur 60° betrug; wenn er Prismen von 66° bis 67° nehme, würde er die Verlängerung schon größer finden. Zugleich wurde er dadurch veranlaßt die Länge des Spektrums bei verschiedenen Prismen zu messen, allein, sei es nun, daß seine vorgefaßte Meinung über die Konstanz der Dispersion auf die Versuche einwirkte, oder daß der Zufall ihm Prismen von nahezu gleicher Dispersivkraft in die Hände spielte, genug, er fand unter gleichen Umständen die Länge des Spektrums bei allen Prismen gleich, und ließ sich somit die für die Konstruktion der Fernröhre so wichtige Entdeckung der Achromasie entgehen.

Auch selbst im Schoofse der königl. Gesellschaft sollten Newton Widersacher erstehen, Hooke und Huyghens. Hooke war ein zu guter Beobachter, als daß er nicht im Allgemeinen die Richtigkeit der Newton'schen Angaben hätte einräumen sollen, das Dasein der ungleichen Brechungen, die Unveränderlichkeit der einfachen Farben, und die Zusammengesetztheit des weißen Lichts aus allen Farben. Allein er behauptete, die Ungleichheit der Refractionen entspringe aus Zerfällung und Schwächung der Aetherschwingungen, und es gebe nur zwei ursprüngliche Farben, Roth und Violett, aus deren Vermischung alle übrigen Farben entstünden. Newton antwortete darauf am 11. Juni 1672 in einem sehr gemessenen Brief an Olden-

burg, worin er u. A. den ganz richtigen Ausspruch thut, daß seine Farbenlehre von den beiden Hypothesen über den Ursprung des Lichts ganz unabhängig sei, und daß die Annahme von nur zwei Farben nicht ausreiche. Ueberdies spricht er seine Vorliebe für die Emissionstheorie aus, und hebt an der Undulationstheorie Mängel hervor.

Auch Huyghens glaubte in der Newton'schen Farbenlehre einen Angriff auf die Undulationstheorie zu erblicken, und das mochte ihn wohl zu dem übereilten Ausspruch verleiten, daß man mit zwei Farben, Blau und Gelb, vollkommen reiche, um daraus alle übrigen Farben und auch das weiße Licht zusammenzusetzen. Newton, der bei jeder Gelegenheit gegen Huyghens große Achtung an den Tag legte, antwortete in einem Brief von 1672 an Oldenburg sehr schonend, aber doch auch bestimmt. Es mochte übrigens dies Zusammentreffen mit Huyghens doch wohl eine Veranlassung geworden sein, daß er später gegen den *Traité de la lumière* so ungerecht war. Andererseits mag Newton's Farbenlehre die Ursache gewesen sein, daß Huyghens, was allerdings sehr auffallend ist, der Farben in seinem *Traité* mit keiner Sylbe gedenkt, obwohl derselbe 1678 in der pariser Akademie vorgelesen und 1690 gedruckt wurde. Man darf wohl glauben, daß Huyghens nicht darüber im Reinen war, wie die Farbe nach der Undulationstheorie zu definiren und namentlich wie die Dispersion nach derselben zu erklären sei, und daß er daher lieber die ganze Angelegenheit mit Stillschweigen überging, was auch allerdings das Gescheuteste war.

Auch Mariotte gehörte zu den Gegnern Newton's, nicht aus theoretischen Gründen, sondern weil ihm dessen Versuche nicht hatten gelingen wollen. Er bestritt namentlich die Unveränderlichkeit der Farben, aber es wurde ihm auf Veranlassung von Newton durch Desaguliers nachgewiesen, daß er die Farben seines Spektrums nicht gehörig getrennt habe.

Alle diese Angriffe, so unangenehm sie Newton auch sein mochten, thaten seiner Farbenlehre keinen Abbruch;

je länger sie bestand, desto festeren Fuß faßte sie, bis sie endlich fast kanonisches Ansehn erlangte. Hierbei muß ich erinnern, daß **Newton** auf die Priorität der Entdeckung des Spektrums oder der Dispersion keinen Anspruch machen kann, da schon **Grimaldi** in seinem Werke: *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bononiae 1665* die Verlängerung des Sonnenbildes bei der prismatischen Brechung beobachtete, wenngleich freilich nicht erklärte (§ 154). Ja ich muß hier hinzufügen, daß selbst **Grimaldi** einen Vorgänger hatte, der in mancher Beziehung weiter ging als dieser, und einigermassen **Newton** nahe kam, es war dies

Marci de Kronland (Johannes Marcus), geb. 1595 zu Landskron in Böhmen und gest. 1667 als Professor der Medicin zu Prag, einer der gelehrtesten Männer seiner Zeit. Von ihm hat man ein Buch betitelt: *Thaumantias, liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura*, welches 1648 zu Prag erschienen ist. In diesem Buch rath er das Spektrum, welches er Iris trigonia nennt, in einem verfinsterten Zimmer zu beobachten, was, wie man sonst glaubte, **Newton** zuerst sollte gethan haben. Dann sagt er, daß das farbige Licht beim Austritt aus dem Prisma mehr divergire; ferner, daß das einmal farbige gewordene Licht nach allen folgenden Brechungen wieder dieselbe Farbe zeige! Das sind allerdings merkwürdige Sätze, aber daneben finden wir auch, daß jede Farbe durch Kondensation in eine andere verwandelt werden könne, was offenbar den vorhergehenden wieder aufhebt. Ueberhaupt ist das ganze Buch ohne Klarheit und Präcision geschrieben, so daß man häufig nicht weiß, ob er aus Erfahrung spricht oder bloß Ideen giebt. Dadurch hat der Verfasser selbst seinem Werke das Schicksal bereitet, daß es vergessen ward, und auch jetzt nur noch als ein Kuriosum genannt wird.

277. Gegen Ende des J. 1675 am 9. December theilte **Newton** seine zweite Hauptuntersuchung im Gebiet der Optik der königlichen Gesellschaft mit, nämlich seine Ab-

handlung über die Farben dünner Blättchen. Diese Arbeit wurde veranlaßt durch eine, welche Hooke im J. 1672 der königlichen Gesellschaft vorgelesen hatte, und von den Farben der Seifenblasen ausging (§ 248).

Die Farben der Seifenblasen waren zuerst im J. 1663 von Robert Boyle beachtet worden (§ 209, No. 8), und drei Jahre später 1666 hatte Lord Brereton die Farben alter in Verwitterung begriffener Fensterscheiben zum Gegenstand eines Vortrags in der königlichen Gesellschaft gemacht. An einer genaueren Untersuchung dieser Farben fehlte es aber noch, Hooke gedachte sie zu liefern, kam aber seinem Ziele lange nicht nach. Indefs lehrte er doch ein Paar neue Fälle dieser Farben kennen, zuerst an dünnen Glimmerblättchen, und dann beim Zusammendrücken zweier Glasplatten. Als er zwei geschliffene Glasplatten stark an einander drückte, gewahrte er an den Stellen des stärksten Drucks beim Daraufsehen schwarze Flecke, die von mehreren Ringen oder krummen Streifen in den schönsten Farben umgeben waren. Er kam zu dem Schluß, daß die Farben von der Dicke des Zwischenraumes der Glasplatten abhängen, aber er vermochte weder die Dicke dieses Zwischenraums zu messen, noch überhaupt eine genügende Erklärung der Farben zu geben.

Veranlaßt durch diese Beobachtungen nahm Newton den Gegenstand auf. Er legte eine bikonvexe Glaslinse, deren Krümmungsradius für jede Seite 50 Fuß betrug, auf die ebene Seite eines plankonvexen Glases, wozu er ein Objektiv anwandte, und preßte beide Gläser an einander. Da sah er denn das Phänomen nicht nur in der regelmäsigsten Gestalt, nämlich als ein System konzentrischer Ringe, sondern er hatte zugleich in der bekannten Krümmung des oberen Glases das Mittel in der Hand, die Dicke des Zwischenraumes für jede Stelle, also für jeden Farbenring, genau zu berechnen.

Er fand, daß sowohl beim Daraufsehen, also mittelst Reflexion, als auch beim Hindurchsehen, also mittelst Transmission des Lichts Farbenringe zum Vorschein kamen;

daß die Farben der ersteren Ringe die komplementären der letzteren waren, d. h. diejenigen, welche fehlen um weißes Licht hervorzubringen; daß jene Ringe ein schwarzes, diese ein weißes Centrum hatten. Als er ferner die Radien der hellsten Zonen in den Ringen und der dunkelsten in den Zwischenräumen der Ringe mit einem Zirkel maß, so fand er, daß die Quadrate der Radien

bei den hellen Ringen im Verhältniß 1 : 3 : 5 : 7 : 9 . . .

- - dunklen - - - - - 0 : 2 : 4 : 6 : 8 . . .

standen. Indem er dann die absolute Größe der hellsten Zone des ersten Ringes maß, berechnete er, daß daselbst die Dicke der Luftschicht

$$\frac{1}{175000} \text{ Zoll} = \frac{1}{14533} \text{ Linien engl. betrage.}$$

Als er ferner statt der Luft etwas Wasser zwischen die beiden Gläser brachte, so sahe er, daß die Ringe ohne die Ordnung ihrer Farben zu ändern, in dem Verhältniß 8 : 7 sich zusammenzogen. Hieraus schloß er, daß die Dicke der Wasserschichten sich zur Dicke der Luftschichten, welche ebendieselben Farben hervorbringen, verhalte wie $7^3 : 8^3 = 49 : 64$ d. h. nahe wie 3 : 4, oder wie das Brechungsverhältniß für Wasser und Luft.

Endlich brachte er auch diese Farben an Seifenblasen hervor, und da er sich für berechtigt hielt aus der Farbe einer dünnen Schicht auf deren Dicke zu schließen, so folgerte er, daß die Dicke der Blase, wo sie das Roth dritter Ordnung zeige, 21 Milliontel eines englischen Zolles betrage.

Dies im Wesentlichen der faktische Theil der Untersuchung eines Phänomens, welches zwar von Hooke zuerst gesehen worden ist, welches man aber dennoch und mit Recht das Phänomen der Newton'schen Ringe genannt hat, weil hier die Untersuchung höher steht als die bloße Entdeckung. Es handelt sich nun darum das Phänomen zu erklären. Daß hier die Entstehung der Farben eine andere sei als bei der Brechung des Lichtes im Prisma, lag wohl auf der Hand, es mußte also eine neue Erklärung

aufgesucht werden. Nach einigem Nachdenken gelang es **Newton** auch wirklich eine Hypothese aufzufinden, die bis zu einem gewissen Grade den Erscheinungen genügt und seinem Scharfsinn alle Ehre macht, die aber zugleich einen deutlichen Beweis von der Mangelhaftigkeit der Emissionstheorie liefert, indem die Hypothese eine rein willkürliche, bloß für dieses Phänomen ersonnene ist.

Um die prismatische Refraktion zu erklären nahm **Newton** ursprünglich an, daß das weiße Licht aus verschiedenartigen Theilchen zusammengesetzt sei, die nun einmal aus einem nicht weiter angegebenen Grunde eine verschiedene Brechbarkeit, und demgemäß eine verschiedene Farbe besitzen. Später als er sein System vollständig entwickelte, supponirte er, daß die Verschiedenartigkeit der Lichttheilchen in deren Größe begründet sei in der Weise, daß die kleinsten Theilchen die violette Farbe des Spektrums und die stärkste Brechbarkeit zeigen. Da er zugleich die Brechung des Lichts aus einer Anziehung erklärte, so mußte er damit auch annehmen, daß die kleinsten Lichttheilchen am stärksten vom brechenden Medium angezogen werden, eine offenbar unzulängliche und den Grundsätzen der Mechanik widersprechende Hypothese, da z. B. ein großer Stein nicht anders zur Erde fällt, als ein kleiner.

Das Phänomen der nach ihm benannten Ringe zwang **Newton** den Lichttheilchen eine zweite neue Eigenschaft beizulegen, er mußte nämlich annehmen, daß die Lichttheilchen, und dies wiederum aus einem nicht aus ihrer Natur geschöpften Grunde, die Eigenschaft hätten periodisch ihren Zustand zu ändern, und zwar so, daß sie in einem Moment leichter reflektirbar und in einem anderen Moment leichter refrangirbar seien. **Newton** belegte diese hypothetischen periodischen Fähigkeiten zur leichteren Reflexion oder leichteren Refraktion mit dem Namen *Fits*, was man im Deutschen durch Anwandlungen, französisch *Accès*, lateinisch *Vices* wiedergegeben hat. Diese *Fits*, nimmt er an, folgen desto schneller aufeinander, je mehr die

Farben sich dem violetten Ende des Spektrums nähern, d. h. je kleiner die Lichttheilchen seien.

Nach dieser Hypothese läßt sich denn wirklich das Phänomen der Newton'schen Ringe bis zu einem gewissen Grade erklären. Am einfachsten wird die Sache, wenn man annimmt, es falle auf das System der beiden Gläser, Linse und Planglas, homogenes Licht, oder eine Reihe von Lichttheilchen gleicher GröÙe oder gleicher Fits. Heißt CD die konvexe Oberfläche des unteren Glases oder der Linse, die ebene Fläche darüber AB , und der Punkt, in welchem letztere die erste tangirt O , so wird derjenige Theil des auf AB fallenden Lichtes, dessen Theilchen im Zustand der leichteren Reflexion sind, zurückgeworfen, derjenige aber, dessen Partikel in der Anwendung leichterer Refraktion sind, weiter gehen und die bogige Fläche CD erreichen.

Nun ist klar, daß die Lichttheilchen die Fläche CD nicht alle gleichzeitig erreichen, sondern von O aus nach C und D hin immer später. Die Folge davon ist, daß die auf der bögigen Fläche CD anlangenden Partikel sich theils im Zustand der leichteren Reflexion theils in dem der leichteren Refraktion befinden. Die in der letzteren Anwendung befindlichen gehen durch, die anderen werden zurückgeworfen, und da der Rückweg ebenso lang ist wie der Herweg, so müssen die an CD reflektirten bei Ankunft in AB im entgegengesetzten Zustand befindlich sein, wie bei Ankuft auf CD , d. h. durch AB durchgehen. Die Folge dieses ganzen Vorganges ist, daß von der Mitte O aus das Licht wechselweise zurückgeworfen und durchgelassen wird, daß also auf beiden Seiten der Linse abwechselnd helle und dunkle Ringe zum Vorschein kommen, und zwar so, daß die hellen der oberen Seite den dunklen der unteren entsprechen und umgekehrt.

Was vom Licht der einen Farbe gilt, das gilt auch vom Licht jeder Farbe, nur daß die GröÙe der Ringe verschieden ist. Bei weißem Licht bilden sich zugleich Ringe von allen Farben, und indem diese einander über-

decken, entspringen daraus die Farbenreihen, welche Newton durch die Beisätze 1., 2., 3. Ordnung bezeichnet hat.

Diese Erklärung ist wohl ganz plausibel, aber man begreift doch nicht, was denn eigentlich die Lichttheilchen in den Zustand der leichteren Reflexion und Refraktion versetzen soll, zumal wenn, wie Newton meint, die Reflexion und Refraktion durch Anziehung und Abstofsung bedingt wird. Es müßten also die Lichttheilchen periodisch leichter anziehbar und abstofsbar sein, und wie das bei ungeänderter Masse möglich ist, läßt sich nicht recht absehen.

Newton selbst fühlte, daß die Fits oder Anwandlungen noch keine befriedigende Erklärung gäben, und fügte daher eine zweite Hülfshypothese hinzu, um wiederum die Fits zu erklären. Er sagt, um sich die Anwandlungen der leichteren Reflexion und Refraktion zu erklären, dürfe man sich nur vorstellen, die Lichtstrahlen beständen aus Theilchen, welche durch ihre Anziehung oder durch sonst eine Kraft in den Körpern, auf welche sie wirken, Schwingungen erregen. Wären nun diese Schwingungen schneller als die Strahlen selbst, so würden sie die Geschwindigkeit der Strahlen abwechselnd schwächen und vergrößern, und somit die Anwandlungen erzeugen. Selbst unter Newton's Anhängern meinten die Verständigen, diese Erklärung sei denn doch allzu gekünstelt!

278. Auf die Abhandlung von den dünnen Blättchen folgte zu Anfang des Jahres 1676 eine zweite über einen damit in Zusammenhang stehenden Gegenstand, nämlich über die natürlichen Farben der Körper, worin er sich zugleich über die Ursache der Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit ausspricht. Durchsichtigkeit entsteht nach ihm, wenn die Theilchen der Körper und ihre Zwischenräume so klein sind, daß sie das Licht nicht zurückzuwerfen vermögen. Undurchsichtigkeit dagegen entsteht, wenn die Körpertheilchen so groß sind, daß sie das Licht zu reflektiren vermögen; die Menge der inneren Reflexionen ist es dann, welche das Licht vernichtet. Die natürlichen Farben der Körper haben denselben Ursprung

wie die Farben der dünnen Blättchen, sie werden von der Gröfse der kleinsten Körpertheilchen bedingt, die auch bis zu einem gewissen Grade durchsichtig sind.

Diese Ansichten sind, wie bis dato alle, welche die innere Konstitution der Körper betreffen, sehr hypothetisch und sie stimmen auch nicht mit unsern heutigen, welche die Farben der Körper durch Lichtabsorption erklären, einen Proceß, der noch gegenwärtig zu den dunkelsten in der Optik gehört. Allein dessen ungeachtet begründeten doch diese Ansichten Newton's eine gewisse Epoche in der Optik, denn was vor ihm über das Wesen der Farben überhaupt, und über die natürlichen Farben der Körper gesagt worden, war im höchsten Grade unzulänglich, und rein das Spiel der Phantasie.

Descartes z. B., der sich das Licht als bestehend aus harten Kügelchen denkt, die einander unmittelbar berühren und somit den Stoß fortpflanzen, den sie durch die Erzitterung der Theilchen des leuchtenden Körpers bekommen (wodurch er u. A. auch erklären will, weshalb die Katzen im Dunkeln sehen, was beiläufig gesagt nicht wahr oder erwiesen ist), Descartes nimmt an, die Farben entständen durch eine Drehung der Kügelchen kombinirt mit deren gradliniger Bewegung, wovon die Möglichkeit bei der unmittelbaren Berührung der Kügelchen nicht einmal recht einzusehen ist. Wenn die drehende Bewegung stärker ist als die gradlinige, so entsteht die rothe Farbe, im umgekehrten Fall die blaue, und wenn beide Bewegungen gleich sind, die gelbe.

Selbst die Anhänger der Undulationstheorie verstanden noch nicht eine Erklärung der Farben aus ihr abzuleiten. Huyghens übergeht die Sache ganz mit Stillschweigen; Grimaldi sagt nur, die Farbe sei das Licht selbst, und auf eine besondere Weise für den Gesichtssinn fühlbar gemacht, und Hooke, der wohl zuerst versucht hat im Sinne der Undulationstheorie eine Erklärung von der Farbe zu geben, schloß dabei soweit fehl, daß man es Newton wahrlich nicht verargen kann, wenn er sich dadurch nicht zur Undula-

tionstheorie bekehren liefs. Hooke nimmt nur zwei Farben an, Roth und Blau, und er sagt, Roth ist der Eindruck auf die Netzhaut von einer Lichterschütterung, deren stärkerer Theil vorangeht, und deren schwächerer folgt; das Blau entsteht auf entgegengesetzte Weise.

Um bemerklich zu machen, wie sehr diese Erklärungsweise von der unserer heutigen Undulationstheorie verschieden ist, will ich anführen, daß nach dieser die Verschiedenheit der Farben aus der Verschiedenheit in der Dauer der Aetherschwingungen entsteht, ganz nach Analogie mit den Tönen, deren Höhe und Tiefe faktisch von der Dauer der Schwingungen des tönenden Körpers bedingt wird. Wie es scheint, ist es unser Landsmann Euler, der diese einfache und scheinbar so nahe liegende Erklärung zuerst aufstellte; er gab sie freilich nur in einer rein theoretischen Abhandlung: *Nova theoria lucis et colorum* in den berliner Denkschriften 1746.

279. Die Abhandlung über die dünnen Blättchen entwickelte Newton in einen Streit mit dem reizbaren und eifersüchtigen Hooke, so daß er beschloß von nun an, so lange Hooke leben würde, nichts mehr von seinen Arbeiten im Gebiet der Optik bekannt zu machen. Erst 1704, zwei Jahre nach dem Tode Hooke's, den er zum Glück oder auch vielleicht zum Unglück für die Wissenschaft überleben mußte, zu einer Zeit, wo er Präsident der königl. Gesellschaft war, und sich auf dem Gipfelpunkt seines Ruhmes und seines Einflusses befand, sehen wir ihn wieder das Gebiet der Optik betreten und zwar durch Herausgabe desjenigen Werkes, welches von nun an über ein Jahrhundert der Kodex für die Lichtlehre sein sollte. Es erschien zunächst englisch unter dem Titel: *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light, Lond. 1704*. Da es damals noch zur Verbreitung eines Werkes beitrug, wenn es ins Lateinische übersetzt wurde, so übertrug Newton diese Arbeit einem Dr. Clarke, welcher sie so zu seiner Zufriedenheit ausführte, daß er diesem freiwillig für jedes der 5 Kinder desselben ein Ge-

schenk von 100 Lstrl. machte. Die lateinische Uebersetzung erschien 1706.

Sowohl die englische wie die lateinische Ausgabe erlebte mehrere Auflagen, die englische 4 in London, die lateinische 6, davon 4 in London, 1 in Lausanne, 1 in Padua, außerdem erschienen 3 französische Uebersetzungen, 1 in Amsterdam, 2 in Paris. Selten hat ein Werk der exakten Wissenschaft so viele Ausgaben erlebt, wie Newton's Optik, ein wunderlicher Kontrast zum Schicksale von Huyghens' *Traité*, der schon mit einer Ausgabe die Welt befriedigen sollte, und doch ist der *Traité* weit lesbarer als die *Opticks*.

In seiner Optik hat nun Newton alles gesammelt und geordnet, was er vom Anbeginn seiner Beschäftigung mit dem Licht bis zum Erscheinen des Werks in diesem Zweige der Physik geleistet hat. Wir finden dort die Sachen nicht mehr, wie sie gefunden worden sind, sondern systematisch zusammengestellt und gegliedert nach Büchern, Kapiteln, Definitionen, Axiomen, Propositionen, Theoremen, Korollaren und Experimenten, wodurch denn das Ganze eine etwas steife Form erhält, obwohl es, wie alles von Newton mit Klarheit und Präcision geschrieben ist.

Das Werk zerfällt in drei Bücher: Buch I handelt von der Reflexion, Refraktion und Dispersion, die hier nach den Grundsätzen der Emissionstheorie und deren Hypothesen umständlich erklärt werden. Genau genommen ist es nur die Refraktion, welche Newton bis zu einem gewissen Punkt befriedigend erklärt hat. Auf sie ist das Princip der Emissionstheorie, d. h. die Anziehung des brechenden Mittels senkrecht gegen seine Fläche auf die Lichttheilchen, ohne weiteres anwendbar, und um den Einwand zu entfernen, daß doch eigentlich keine Fläche, wenigstens keine künstlich hergestellte, eine vollkommene Ebene sei, braucht man nur anzunehmen, daß die Anziehungskraft ein wenig in die Ferne wirke, über die Unebenheiten der Fläche hinaus. Dann wird der Lichtstrahl, wenn er der Fläche bis in den Wirkungskreis der An-

ziehungskraft nahe gekommen ist, sich krümmen bis er in das Mittel eingedrungen ist. Hier wird er dann wieder in grader Linie fortgehen, und zwar mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit, welche gröfser ist als diejenige, die er in dem ersten Mittel, Luft, Vacuum u. s. w. besafs. Die Konstanz des Verhältnisses der Sinusse i und r ist eine Folge dieser Betrachtungen.

Auf eben die Art läfst sich auch noch die von Keppler entdeckte innere oder totale Reflexion erklären, wie es auch von Newton wirklich geschieht. Fällt nämlich ein Lichtstrahl unter hinlänglicher Neigung auf die Hinterfläche eines brechenden Mittels, so ist leicht begreiflich, dafs, wenn eine Anziehungskraft vorhanden ist, diese stark genug sein kann, um entweder den Strahl am Austreten zu hindern, oder wenn er ein klein wenig ausgetreten ist, wieder in das Mittel zurückzuführen. Bekanntlich geschieht dies, wenn der Strahl im Innern des dichteren Mediums z. B. in Glas auf die Hinterfläche unter einem gröfseren Winkel als dem Gränzwinkel fällt, d. h. dem zum Einfallswinkel $i = 90^\circ$ gehörigen Brechungswinkel. Dieser ergibt sich aber, wegen $\sin i = n \sin r$, aus $\sin r = \frac{1}{n}$. Setzt man für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas $n = 1,50$, so wird $\sin r = 0,667$, mithin der Gränzwinkel $r = 41^\circ 50'$. Alles Licht, welches unter diesem Winkel oder einem gröfseren auf die Hinterwand fällt, tritt nicht mehr aus dem Glase heraus. Nimmt man genauer für die blauen Strahlen $n = 1,56$, und für die rothen $n = 1,54$, so wird für jene $r = 39^\circ 52'$, für die letzten $r = 40^\circ 29'$.

Das alles hat Newton ganz hübsch auseinander gesetzt, wiewohl ihn der Umstand, dafs bei der innern Reflexion die blauen Strahlen eher reflektirt werden als die rothen, zu der unnöthigen Annahme veranlafst, dafs es Strahlen von verschiedener Reflexibilität gebe.

Anders macht sich aber die Sache bei der gewöhnlichen Reflexion, wo das Licht aus einem lockeren Mittel auf die Vorderfläche eines dichteren Mittels fällt. Da kann

man, wie auf den ersten Blick einleuchtet, mit der Anziehungskraft nichts ausrichten. Wie nun aber hat es Newton hier gemacht? Wenn man die betreffenden Stellen seiner Optik durchliest und das Facit von Allem nimmt, so findet man, daß es wirklich null ist; er giebt keine Erklärung. Er zeigt wohl, wie die Reflexion nicht entstehen könne, aber wie sie entsteht, sagt er nirgend befriedigend. So zeigt er, daß die Reflexion nicht nach Art des Abprallens elastischer Kugeln geschehen könne, wie man bis dahin häufig angenommen hatte, weil die meisten Flächen, an denen wir Licht reflektiren lassen, dazu offenbar lange nicht eben genug seien.

Wir haben vorhin gesehen, daß Newton, um die Farben dünner Blättchen zu erklären, den Lichttheilchen periodische Anwandlungen der leichteren Reflexion und Refraktion beilegt. Man könnte auf den ersten Blick glauben, diese Hypothese helfe hier aus; allein das ist nicht der Fall. Die Leichtigkeit der Reflexibilität und Refrangibilität allein reicht noch nicht hin, um wirklich eine Reflexion oder Refraktion zu Stande zu bringen. Dazu muß noch eine Kraft hinzutreten, und wirklich nimmt Newton eine solche Kraft, eine Reflexions- oder Repulsivkraft an. Aber damit sind die Schwierigkeiten auch nicht gehoben. Man denke sich nur, ein und dasselbe Mittel soll zugleich eine Repulsiv- und eine Attraktivkraft auf die Lichttheilchen ausüben! Die Sache wird noch unbegreiflicher, wenn man erwägt, daß Newton, gestützt auf die Thatsache, daß diejenigen Körper, welche das Licht am stärksten brechen, es auch am stärksten zurückwerfen, den Ausspruch thut, die Repulsiv- und die Attraktivkraft seien eine und dieselbe Kraft!

Ein wohlwollender Anhänger Newton's, Herschel der Jüngere, sagt in seiner Optik, § 526, die Sache werde begreiflich, wenn man annehme, die Lichttheilchen hätten Pole wie die Magnete und drehten sich um ihre Axe, etwa wie es sich Descartes dachte. Sie würden dann abwechselnd den Nord- oder Südpol der Fläche zuwenden, und

wenn der brechende Körper mit Nordkraft begabt wäre, entweder angezogen oder abgestoßen werden. Allein auch diese Hypothese hinkt sehr stark, denn wenn über einer Fläche ein anderes dichteres Mittel vorhanden wäre, dem man doch auch eine Nordkraft beilegen müßte, so würde es, weil es zunächst auf den Südpol wirkt, die Reflexion verstärken müssen, was aber nicht der Fall ist. Es ist Thatsache, auf die auch Newton sich beruft, daß im Allgemeinen die Reflexion an einer Fläche desto schwächer wird, je dichter das darüber befindliche Mittel ist, ja, daß bei gleicher Dichte beider die Reflexion meistens ganz aufhört.

Also auch mit dieser Hypothese kommen wir nicht durch, und es bleibt fest stehen, daß die Emissionstheorie von dem einfachsten aller Lichtphänomene, der äußeren Reflexion, keine befriedigende Erklärung giebt. Was Newton einigermassen erklärt hat, und nur allein erklärt hat, ist die Refraktion und Dispersion; man kann das Phänomen der dünnen Blättchen nicht hinzufügen, weil deren vollständige Erklärung die der Reflexion involvirt. Newton selbst scheint das Ungenügende seiner Erklärung der Reflexion gefühlt zu haben, denn während er die Refraktion, die Dispersion und auch die innere Reflexion sehr ausführlich abhandelt, geht er über die äußere Reflexion so oben hin weg, eine Erscheinung, die uns auch in den Werken neuerer Newtonianer z. B. in dem *Traité de physique*, Paris 1816, von Biot sehr auffällig entgegen tritt, sobald man erst auf sie aufmerksam gemacht ist.

280. Zur Ergänzung seiner Ansicht über die Lichtbrechung stellt Newton in dem folgenden Buch II, Proposition. III noch das Maß der Brechkraft eines Körpers fest. Die Brechkraft ist ihm wie die Schwere eine gleichförmig beschleunigende Kraft; solche Kräfte verhalten sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, welche sie bei gleichen Wegen erzeugen. Denn nach den Fallgesetzen ist $c = gt$ und $s = \frac{1}{2}gt^2$, woraus $c^2 = 2gs$ und für $s = 1$ wird $2g = c^2$. Nun denkt sich Newton einen Lichtstrahl nahezu parallel

mit der Oberfläche auf ein Mittel fallend, so daß dieses fast rechtwinklig auf ihn wirkt. Es sei SC , Fig. 35, der ein-

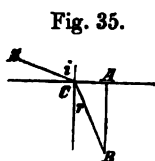


Fig. 35.

fallende, CB der gebrochene Strahl. Die Geschwindigkeit des letzteren läßt sich zerlegen in eine CA , welche er ursprünglich schon besaß und in eine zweite AB , die er durch das Mittel erhielt. Das Quadrat dieser Linie, also AB^2 , wäre nun das Maß der Brechkraft.

Aus $\sin i = n \sin r$, wenn $i = 90^\circ$, folgt $\sin r = \frac{1}{n}$; ferner ist $AB = \cotg r$. Da aber $\cotg^2 r = \frac{\cos^2 r}{\sin^2 r}$, so hat man $\cotg^2 r + 1 = \frac{1}{\sin^2 r}$, und daraus

$$AB^2 = \cotg^2 r = n^2 - 1.$$

Dies wäre der Ausdruck für die gesammte Brechkraft. Jede solche Gesamtkraft ist aber das Produkt aus der Intensität der von der Masseneinheit ausgeübten Kraft und der Dichte des Mittels. Um also die Intensität der Brechkraft zu erhalten, haben wir noch durch die Dichte $= d$ zu dividiren, und erhalten

$$\frac{n^2 - 1}{d}$$

als Ausdruck für das Maß der Brechkraft eines lichtbrechenden Körpers. Bestärkt sah sich Newton durch eine Reihe von Messungen über das Brechungsverhältniß von 20 und einigen starren und flüssigen Körpern, wobei er fand, daß die Brechkraft bei vielen dieser Körper gleich sei. Die bemerkenswertheste Ausnahme davon zeigten ihm die fetten Substanzen. Diese unter sich verglichen kamen indess der Gleichheit wiederum einigermaßen nahe. Die stärkste Brechkraft zeigte ihm der Diamant; wenn er diesen indess den fetten Substanzen unterordnete, so wurde die Abweichung viel geringer. Darauf gestützt sprach Newton die Vermuthung aus, der Diamant sei *probably an unctuous substance coagulated.*¹⁾

¹⁾ Newton, Opticks etc. p. 249.

Später ist dieser Ausspruch Newton's als Beweis einer großen Divinationsgabe von Biot ausgelegt. Wir wollen ihm dies nicht streitig machen, müssen aber doch bemerken, daß zur Zeit der Herausgabe der Optik 1704 die Verbrennlichkeit des Diamanten schon ein Faktum war, denn bereits in den Jahren 1694 und 1695 liefs der Großherzog Cosimo III. zu Florenz mittelst Brenngläser durch Averani und Targioni Diamanten verbrennen (§ 194). Es ist möglich, daß Newton seine Versuche über die Brechverhältnisse und somit seine Konjektur über den Diamant lange vor der Herausgabe der Optik machte, allein ich habe das Datum darüber nicht auffinden können. In der Abhandlung die er 1675 der Roy. Society einreichte, und die sonst dieselben Gegenstände wie Buch II der Optik behandelt, findet sie sich nicht, steht aber in Birch's Hist. of the Roy. Society Vol. III, p. 247, 261, 296; in den Phil. Transact. findet sich nur eine optische Abhandlung von Newton, die erste von 1672.

Uebrigens wird die Behauptung, daß $\frac{n^2 - 1}{d}$ eine konstante Zahl oder $n^2 - 1$ der Dichte proportional sei, schon durch Newton's eigene Versuche wenig bestätigt, und noch mehr hat sie sich in der Folge als unrichtig gezeigt.

281. In demselben Buch I, Propos. II findet sich auch die Theorie des Regenbogens, welche bis vor wenigen Jahren als ein unübertroffenes Muster der Vollkommenheit einer Theorie angesehen ward, und auch wirklich bis zu einem gewissen Punkt nichts zu wünschen übrig läßt, an welcher aber doch die neuere Undulationstheorie zwei wesentliche Mängel aufgefunden hat:

1) daß sie die supernumerären oder überzähligen Farben, jene grünlichen und purpurfarbenen scharf begrenzten Streifen an der inneren violetten Seite des Hauptbogens nicht erklärt, ja nicht einmal erwähnt;

2) daß sie für die Werthe der Durchmesser beider Hauptbogen und ihrer verschiedenen Farben keine ganz

richtigen Werthe giebt. Indem nämlich **Newton** das Brechungsverhältniß beim Uebergang des Lichts aus Luft in Wasser setzt:

für den violetten Strahl = 109 : 81

- - rothen - = 108 : 81,

findet er den Radius

	des Hauptbogens	des Nebenbogens
für violett	= 40° 17'	= 54° 7'
- roth	= 42 2	= 50 57.

Die **Newton'sche** Theorie des Regenbogens ist übrigens nur eine geringe Erweiterung der **Descartes'schen**, eine Anwendung von dieser auf die einzelnen Farben des weißen Lichts. **Descartes**, der sich noch keine befriedigende Rechenschaft von der Entstehung der Farben zu geben wußte, erhielt durch seine Erklärung nur zwei farblose Bogen (§ 139, 140); nimmt man aber an, das Licht bestehe aus vielen Farbenstrahlen, die an Brechbarkeit verschieden sind, so bekommt man ganz auf dieselbe Weise zwei violette, blaue . . . rothe Bogen, und wenn, wie es wirklich der Fall ist, das Violett stärker gebrochen wird als das Roth, so wird im Hauptbogen das austretende Violett einen kleineren Winkel mit den einfallenden Strahlen bilden als das Roth, folglich an der inneren Seite des Hauptbogens liegen (vergl. Fig. 1 und 2, § 45). Am Nebenbogen wird aus gleichem Grunde das Violett einen größeren Winkel als das Roth mit den einfallenden Strahlen machen, und also an der äußeren Seite des Bogens liegen. Diese nebeneinander liegenden Farben der beiden Bogen bilden dann zusammen das Phänomen des Regenbogens.

282. Das zweite Buch der **Newton'schen** Optik handelt von den Farben dünner Blättchen und den natürlichen Farben der Körper, bei welcher Gelegenheit denn die Hypothese von den Fits oder Anwandlungen, die ich schon auseinander setzte, umständlich vorgetragen wird. In der letzten Abtheilung dieses Buches beschreibt **Newton**

das von ihm zuerst beobachtete Phänomen der Farben dicker Platten ¹⁾).

Er ließ Licht durch eine Oeffnung von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser in ein dunkles Zimmer fallen, und fing es mit einem $\frac{1}{4}$ Zoll dicken Hohlspiegel aus Glas auf, dessen konvexe Rückseite eine Quecksilberbelegung hatte. Der Halbmesser der Kugelfläche des Spiegels betrug 5 Fuß 11 Zoll. Hierauf hielt er einen weißen Bogen Papier in der Entfernung des Mittelpunkts des Spiegels vor diesem so, daß das Licht durch ein kleines Loch im Papier ging, und vom Spiegel wieder zurück auf dieses geworfen wurde. Er erblickte dann auf diesem Papier 4 bis 5 konzentrische Ringe mit Regenbogenfarben, und es zeigte sich bei weiteren Versuchen, daß die Ringe auch bei einem unbelegten Spiegel auftraten, nur schwächer. Newton erklärte dieselben ebenfalls durch seine Fits, indess ist später nachgewiesen, daß sie anderen Ursprungs sind als die reflektirten Ringe dünner Blättchen, und aus der Interferenz der von der Vorder- und Hinterfläche des Glases reflektirten Strahlen hervorgehen.

Das dritte und letzte Buch enthält zunächst einige von Newton selbst für unvollkommen ausgegebene Versuche über die Diffraktion, die er Inflexion nennt. Die Versuche, obwohl mit Sorgfalt angestellt, haben diesem Phänomen keine neue Seite abgewonnen, und die darin angeführten Thatsachen finden sich der Hauptsache nach auch schon bei Grimaldi, die übrigens Newton kannte und auch citirt. Newton spricht sich nicht bestimmt über die Ursache der Erscheinung aus, doch ist er geneigt auch hier eine Anziehung wirken zu lassen, und Strahlen von verschiedener Inflexibilität anzunehmen, wie er bereits Strahlen von verschiedener Reflexibilität und Refrangibilität angenommen hatte.

Auf die Wellentheorie geht er nicht ein, obwohl er Grimaldi's Ansicht darüber kennt, und trotzdem daß Hooke

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 99; Herschel, Optik I, 438.

am 18. März 1674 (1675) in einer der königl. Gesellschaft überreichten Abhandlung diese Theorie ebenfalls auf die Diffraktions-Erscheinungen anzuwenden gesucht hatte. In sofern hatte diese Untersuchung Newton's, die übrigens nie für sich erschienen ist, und sich aus einer späteren Zeit herzuschreiben scheint, einen Einfluß auf seine Vorstellungen vom Licht, als er aus dem breiten Schatten, den ein dünner Körper in einem finstern Zimmer von einem schmalen Lichtbündel beleuchtet giebt, den Schluß zog, daß die Körper in beträchtliche Entfernungen auf das Licht einwirken, ein Schluß, dessen Unrichtigkeit daraus hervorgeht, daß die dünnste Messerschneide nicht anders auf das Licht einwirkt als der hundertmal dickere Rücken des Messers.

Das Merkwürdigste in diesem dritten Buch ist der Schluß. Er besteht aus einer Reihe von 31 Fragen vermischten optischen Inhalts, hingeworfenen Gedanken und unvollendeten Versuchen. Sie bekunden hie und da ein solches Schwanken zwischen Emissions- und Undulationstheorie, daß Thomas Young in seiner berühmten Abhandlung von 1801, worin er die Undulationstheorie vertheidigt, und das Interferenzprincip aufstellt, zum Theil aus diesen Fragen, zum Theil aus früheren Mittheilungen Newton's an die königl. Gesellschaft die Argumente zu der Behauptung glaubte hernehmen zu können, daß Newton dieser Theorie nicht so abgeneigt gewesen sei, als man gewöhnlich meint. Es scheint fast als habe es Young für nöthig erachtet, seine Theorie unter den Schutz der Autorität von Newton zu stellen, um ihr Eingang in England zu verschaffen, was ihm übrigens doch nicht gelang.

Wahr ist es, daß Newton ums J. 1675 zur Undulationstheorie hinneigte, und die Fragen am Ende seiner Optik von 1704 beweisen, daß er die Skrupel noch nach mehr als einem Viertel-Jahrhundert nicht überwunden hatte. Vielleicht hat Newton selbst seiner Emissionstheorie niemals die Unfehlbarkeit beigelegt, die sie später in den Augen seiner Anhänger erlangte.

In den erwähnten Fragen kommt Newton auch auf das Phänomen der Doppelbrechung. Ungeachtet er die Schrift von Huyghens kennt und anführt, giebt er für die Brechung des außerordentlichen Strahles nicht das von jenem aufgefundene Gesetz, sondern ein anderes, welches falsch ist. So verblendet machte den großen Mann die einmal angenommene Theorie; vielleicht auch eine gewisse Gereiztheit gegen Huyghens, dessen *Traité* er unmöglich mit Unbefangenheit studirt haben kann, so wenig wie das Werk von Grimaldi.

Endlich bespricht er hier auch noch das Phänomen der Polarisation. Er kann es begreiflich ebenso wenig erklären wie das der Doppelbrechung, wirft aber doch die Frage auf, ob sich dasselbe nicht erklären lasse, wenn man den Seiten der Lichtstrahlen verschiedene Eigenschaften beilege. So zeigt sich denn auch hier die Tendenz, die Mängel der Theorie durch Erfindung neuer Eigenschaften der Lichttheilchen zu verdecken, eine Tendenz, die wir selbst noch in unsern Tagen von dem schottischen Physiker Brewster verfolgt sahen, als die Widersprüche der Newton'schen Theorie mit der Erfahrung immer schreiender hervortraten.

Die Aeußerung Newton's ist indeß in geschichtlicher Hinsicht bemerkenswerth, denn als Malus im J. 1810 die Polarisation durch Reflexion entdeckte, ward er zu der Ansicht geführt, diese Erscheinung sei nach der Wellentheorie durchaus unmöglich, man könne sie nicht anders als nach der Emissionstheorie erklären, und zwar mit Hülfe der Hypothese, daß die Lichttheilchen winkelrecht auf der Richtung des Strahles entgegengesetzte Pole nach Art eines Magnetes haben, was ungefähr auf die Newton'sche Vorstellung hinausläuft. Das war es eben, was ihn veranlaßte die Erscheinung mit dem Namen Polarisation zu taufen, den sie seitdem beibehalten hat.

Somit hätte ich denn einen vollständigen Abriss der Newton'schen Optik mitgetheilt, und unpartheiisch den Inhalt und den Gehalt dieses weiland so berühmten

Werkes dargelegt. Es hält am Ende beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft nicht schwer die Mängel desselben nachzuweisen, aber es ist doch gut sie kennen zu lernen, und sich selbst die Ueberzeugung zu verschaffen, daß das Gebäude, welches man nunmehr seit etwa 50 Jahren verlassen hat, in der That auf sehr morschem Grunde errichtet war. Man kann ein aufrichtiger Verehrer Newton's sein und doch darin Fresnel bestimmen, daß die Optik das schwächste Produkt dieses großen Geistes ist.

Hiermit will ich die Auseinandersetzung der optischen Arbeiten schließen, und zu seinen Leistungen in der übrigen Physik mich wenden.

283. Unter den anderen Arbeiten Newton's sind diejenigen über die Wärme zunächst zu nennen. Ich habe schon früher erwähnt (§ 221), daß er sich eines Thermometers bediente, welches mit Leinöl gefüllt war und zwei feste Punkte hatte, die Temperatur des schmelzenden Schnees und die des menschlichen Körpers, zwischen welchen er die Skale in 12 gleiche Theile theilte; daß er sich ferner der Siedehitze des Wassers noch nicht bediente, obwohl er sie mit seinem Thermometer bestimmte, und dabei das anfangende Sieden bei 33° seiner Skala, das starke und stärkste Sieden bei 34° und $34\frac{1}{2}^{\circ}$ fand, woraus hervorgeht, daß er die Siedehitze nicht für ganz konstant hielt, was auch für die Temperatur des kochenden Wassers selbst nicht unrichtig ist, da nur der daraus aufsteigende Dampf bei gleichem Luftdruck einen unveränderlichen Wärmegrad hat.

Nächst dem gab er ein sinnreiches Verfahren an, mittelst eines solchen Thermometers auch hohe Temperaturen zu messen, welches er anonym in den Philos. Transact. von 1701 beschrieb (§ 223). Um die Temperatur einer rothglühenden Eisenstange zu messen, legt er eine solche auf eine zweckmäßige Unterlage an einen Ort, wo beständig ein kalter Luftstrom darüber gehen mußte, und beobachtete die Zeit des Erkaltens, d. h. die Zeit innerhalb welcher ihre Temperatur so weit gesunken war,

daß sie direkt mit dem Thermometer oder durch das Erstarren einer leicht flüssigen Legirung bestimmt werden konnte. Den Schmelzpunkt solcher Legirungen hatte er zuvor direkt gemessen. Für eine derselben, bestehend aus 2 Th. Blei, 3 Th. Zinn und 5 Th. Wismuth, die man wohl vorzugsweise Newton'sches Metallgemisch nennt, fand er den Schmelzpunkt am niedrigsten, nämlich gleich der Siedehitze des Wassers.

Um nun aus diesen Beobachtungen die ursprüngliche Temperatur der Stange zu finden, stellt er das Gesetz auf, daß der Wärmeverlust, welchen ein Körper innerhalb einer kurzen Zeit erleidet, proportional sei seiner Wärme, d. h. dem jedesmaligen Wärme-Ueberschuß über die Umgebung.

Dieses Gesetz, im Grunde genommen die einfachste Voraussetzung, die man über den Gang der Erkaltung machen kann, ist später das Newton'sche Gesetz der Erkaltung genannt worden, und es hat sich auch als richtig bewährt, so lange der Temperatur-Ueberschuß nicht sehr groß, nicht über 10—20° beträgt. Sein analytischer Ausdruck ist, wenn τ die Temperatur, t die Zeit bezeichnet:

$$d\tau = a\tau dt, \text{ woraus } \log. \tau = at.$$

Aus ihm folgerte Newton, was sich sogleich aus der Formel ergibt, daß die Logarithmen der Temperaturen den Zeiten proportional sind, oder wenn man sich eine logarithmische Linie gezogen denkt, die Zeiten durch deren Abscissen und die Temperaturen durch die entsprechenden Ordinaten vorgestellt werden.

Amontons modificirte das Verfahren ein wenig, indem er eine Eisenstange an einem Ende glühend machte und die Stellen bestimmte, wo sie eine durch das Thermometer meßbare Temperatur besaß. Dabei machte er aber die falsche Voraussetzung, daß die Temperatur von dem heißen nach dem kalten Ende in einem arithmetischen Verhältnisse abnehme oder, geometrisch betrachtet, sich durch die Ordinaten einer graden Linie vorstellen lasse. Obwohl

selber im Irrthum glaubte doch **Amontons**, der mit seinen Beobachtungen 1703 hervortrat, an dem von **Newton** aufgestellten Gesetz allerlei Mängel rügen zu müssen, aber ganz mit Unrecht (§ 223).

Newton machte auch einige Spekulationen über das Wesen der Wärme. In den Fragen am Ende seiner Optik sagt er, wenn man zwei Thermometer mitten in zwei Glasgefäßen aufhängt, von denen das eine luftleer, das andere luftvoll ist, und sie von einem kalten Ort an einen warmen bringt, oder umgekehrt, so sehe man sie beide gleichzeitig steigen oder fallen. Dabei fragt er nun, wird nicht die Wärme im luftvollen Raum durch Schwingungen eines Mittels hervorgebracht, welches viel feiner als die Luft ist, und ist dieses Mittel nicht selbst im luftleeren Raum vorhanden? Theilen nicht warme Körper ihre Wärme kalten jenen nahe genug kommenden Körpern deswegen mit, weil sich die Schwingungen dieses Mittels aus den warmen Körpern in die kalten fortpflanzen? Durchdringt es nicht sehr leicht alle Körper, und ist es nicht durch den ganzen unermesslichen Himmelsraum vermöge seiner elastischen Kraft verbreitet? ¹⁾

Nach **Brewster** sind die Fragen 18 bis 24, zu denen die vorstehenden gehören, erst der zweiten englischen Ausgabe der Optik, also im J. 1714 hinzugefügt. Man sieht daraus, daß, wiewohl **Newton** im J. 1702 in einem Briefe an **J. C. Gregory** den Aether für ein willkürliches Postulat erklärte, das aus der Natur der Dinge verbannt werden mußte, er doch immer wieder auf ihn zurückkam.

Auch andere damals noch sehr in der Kindheit liegende Zweige der Physik, wie die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus, erregten die Aufmerksamkeit von **Newton**. So machte er im J. 1675 der königl. Gesellschaft die Mittheilung, daß eine Glasscheibe, die durch eine Unterlage etwa $\frac{1}{8}$ Zoll vom Tisch entfernt gehalten wird, zwischen sich und dem Tisch leichte Papier-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 215.

stücke in Bewegung setzt, bald anzieht bald abstößt, wenn man ihre Oberfläche mit einem Tuche reibt. Führt man mit dem Finger auf der Oberfläche des Glases hin und her, so folgen die Papierstückchen, so wie sie an der unteren Fläche des Glases hängen, bald hier bald dorthin. Aus diesen Versuchen scheint hervorzugehen, daß Newton der erste war, welcher die elektrische Ladung einer Glasplatte bemerkte ¹⁾).

Der Magnetismus erregte seine Aufmerksamkeit besonders, da zu seiner Zeit die Frage zur Sprache kam, nach welchem Gesetze ein Magnet in die Ferne wirke? Mit dieser Frage beschäftigte sich zuerst ein geschickter Experimentator, der bei der königl. Gesellschaft das Amt eines Curator of experiments nach Hooke's Tode verwaltete, nämlich Hawksbee im J. 1712, dann in Verbindung mit diesem der ausgezeichnete Mathematiker Brook Taylor im J. 1715, und zuletzt der unglückliche Whiston. Die Versuche waren aber sämtlich noch etwas roh, und somit kann man es Newton nicht zur Last legen, wenn er daraus den Schluß zog, daß Magnete umgekehrt wie die Kuben der Entfernung auf einander einwirken, was zwar unter Umständen richtig sein kann, aber doch die Sache nicht trifft. Uebrigens erzählt man von Newton, daß er einen Magnet besaß, der intensiv genommen der stärkste war, den man bisher kennt, nämlich beinahe das 250fache seines Gewichtes trug. Er war in einen Ring gefaßt, wog nur 3 Gran und trug 746 Gran.

Selbst chemische, meteorologische und geologische Gegenstände, wie das Feuer, das Nordlicht u. a. m. beschäftigten mitunter Newton's Nachdenken, doch sind die Betrachtungen nicht von dem Belang, daß sie heutigen Tages eine Auseinandersetzung verdienen, weshalb ich sie übergehen will.

284. Ich komme nunmehr zu Newton's Leistungen in der Mechanik und Mathematik. Sie sind es, welche seinen

¹⁾ Fischer, *ibid.* III, 439.

Ruhm auf die solideste Weise begründet haben, nicht allein ihrer Wichtigkeit wegen für die Wissenschaft, sondern mehr noch, weil sich in ihnen die ganze Kraft und Tiefe seines mächtigen Geistes entfaltet hat. Um Newton in seiner wahren Größe darzustellen, müßte man diesen Theil seiner Entdeckungen auf das Speciellste auseinander setzen, müßte zeigen, wie schwierig die von ihm behandelten Probleme waren, und welchen schöpferischen Scharfsinn er bei deren Lösung an den Tag legte, da der mangelhafte Zustand der Mathematik seiner Zeit überall nöthigte, neue Wege zu brechen. Dann auch erst läßt sich vollkommen begreifen, woher der Name Newton's ein so gefeierter geworden ist, und wie nicht anders als gerecht die Hochachtung ist, welche sich bis auf den heutigen Tag bei allen civilisirten Völkern der Welt in ungeschwächter Kraft gegen den großen Mann erhalten hat, trotzdem ihm einzelne Fehler und Irrthümer nachgewiesen sind.

Allein eine so ausführliche und gründliche Entwicklung dieses Theils seiner Entdeckungen eignet sich wegen seiner sublimen Natur nicht füglich zu einem geschichtlichen Vortrage, und würde jedenfalls mehr Zeit erfordern, als mir zu Gebote steht. Ich werde mich also darauf beschränken müssen, nur die äußerliche Seite dieser Entdeckungen zu berühren.

Es scheint ums J. 1666 gewesen zu sein, daß Newton zuerst seine Blicke auf die Bewegung der Himmelskörper lenkte. Bekannt ist die Erzählung, die in dieser Hinsicht aufbewahrt wird. Als er der Pest wegen im J. 1666 von Cambridge nach Woolsthorpe geflohen war, und dort im elterlichen Garten einsam unter einem Apfelbaum saß, soll ihm ein fallender Apfel zuerst die Idee der allgemeinen Gravitation eingegeben haben! Die Sage ist hauptsächlich durch Voltaire in Umlauf gebracht, der sie von Mad. Conduit, der Nichte Newton's, erhalten haben will.

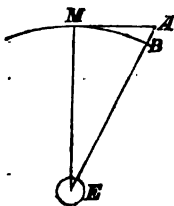
Auch ein Herr Turner, ein Geistlicher (gest. 1853) und späterer Besitzer des Newton'schen Grundstücks in Woolsthorpe, hat zu deren Verewigung beigetragen. Dieser

Mann, der gegen jede Reliquie von Newton eine fast religiöse Verehrung hegte, und so u. A. in dem Zimmer, in welchem Newton seine Jugendstudien trieb, eine marmorne Gedächtnis Tafel errichten ließ, war überzeugt jenen verhängnißvollen Baum zu kennen. Er suchte ihn sorgfältig zu schützen, und da er dennoch vor einigen Jahrzehnten durch Sturmwetter umgeworfen wurde, ließ er einen Stuhl daraus verfertigen!

Andere bezweifeln die Sage und selbst Brewster, der neueste Biograph Newton's, will sie nicht verbürgen, weil er keine authentische Nachricht darüber auffinden konnte. Wahrscheinlich mischt sich Dichtung mit Wahrheit in der Erzählung. Es ist nicht recht glaublich, daß der fallende Apfel den ersten Anstoß zur Gravitationstheorie gegeben habe, aber wohl könnte es sein, daß er Newton Anregte bereits gefaßten Ideen weiter nachzugehen. Soviel scheint gewiß, daß Newton schon 1666 auf den Gedanken gekommen ist, die Schwerkraft möge nicht auf die Oberfläche und die höchsten Berge der Erde beschränkt sein, sondern sich mit abnehmender Kraft selbst bis zum Monde erstrecken. Seinem Biographen Pemberton zufolge supponirte er schon damals, daß die Schwerkraft wie das Quadrat der Entfernung von der Erde abnehme, und daß er einen Versuch machte dadurch die Bewegung des Mondes zu erklären.

Seine Betrachtungen waren einfach und sinnreich, und erinnern ganz an die, welche Galilei bei dem Pendel anstellte. Er dachte sich zunächst die Mondbahn als kreis-

Fig. 36.



(Fig. 36) ausgehenden Schwerkraft beschrieben wird, so muß die Wirkung dieser Kraft darin bestehen, daß sie den Mond *M* fortwährend in dem Kreis erhält. Hörte diese Kraft zu wirken auf, so würde der Mond vermöge der Centrifugalkraft in der Tangente *MA* fortfliegen, z. B. in 1 Minute bis *A*. Wirkt nun wieder die Kraft, so zieht

sie den Mond in den Kreis zurück, und die Strecke AB ist der Effekt der Schwerkraft, ist die Strecke, welche ein Körper in dem Abstand des Mondes von der Erde innerhalb einer Minute fallen würde, und welche der Mond wirklich in jeder Minute gegen die Erde fällt.

Nun setzte er $EM = R = 60r$, wo r den Halbmesser der Erde bezeichnet, ferner die Bewegung des Mondes in seiner Kreisfläche während 1 Minute $\delta = 32'' 36'''$, und fand daraus $AB = 13\frac{1}{2}$ Fufs. Nach damaligen Messungen betrug der Fallraum in der ersten Sekunde auf der Erdoberfläche $15\frac{1}{2}$ Fufs, also $60^2 \cdot 15\frac{1}{2}$ Fufs in der Minute, und nach Newton's supponirtem Gesetze mußte demnach $AB = \frac{r^2}{R^2} \cdot 60^2 \cdot 15\frac{1}{2}$ Fufs = $15\frac{1}{2}$ Fufs in der Minute betragen.

Da dies Resultat mit dem aus der Mondbewegung berechneten = $13\frac{1}{2}$ Fufs nicht recht stimmte, so liefs Newton die Untersuchung fallen, und nach der Rückkehr nach Cambridge, die Ende 1666 erfolgte, nahm er seine optischen Untersuchungen auf, wodurch er nun vollends auf längere Zeit von der Bewegung der Himmelskörper abgelenkt ward. Erst im J. 1679 sehen wir Newton wieder öffentlich zu dem Gebiete der Himmelsmechanik zurückkehren, obwohl es gewifs ist, daß er im Stillen seine ersten rohen Gedanken über die Schwere fortwährend kultivirte.

285. In diesem Jahre am 28. Nov. 1679 schlug Newton in einem an Dr. Hooke als Sekretär gerichteten Brief der königl. Gesellschaft zu London ein Experiment vor, wodurch die von Einigen noch immer bezweifelte Axendrehung der Erde direkt bewiesen werden könne.

Tycho Brahe und andere Astronomen des XVII. Jahrhunderts waren der Meinung, ein fallender Körper müsse, wenn die Erde sich dreht nach Westen von der Vertikalen abweichen (§ 67), weil während des Fallens der Boden nach Osten fortrückt, und da keine solche Abweichung beobachtet war, so schlossen sie eben, die Erde dreht sich nicht um ihre Axe. Grade entgegengesetzt war der Schluß von Newton. Er behauptete ein fallender Körper

muß nach Osten von der Lothrechten abweichen, und zwar deshalb, weil der Punkt, von dem er herabfällt, einen größeren Kreis im Sinne der Bewegung der Erde beschreibt als der Boden, und weil er demgemäß auch eine größere Geschwindigkeit besitzt als dieser, auch dem fallenden Steine diese größere Geschwindigkeit mitgetheilt wird. Die Abweichung des fallenden Körpers von der Vertikalen nach Osten ist also ein direkter Beweis von der Rotation der Erde.

Der Vorschlag fand bei der königl. Gesellschaft großen Beifall, und sie trug ihrem Experimentator **Hooke** auf, die Versuche sobald als möglich anzustellen. Allein dieser zögerte, und statt in der nächsten Sitzung die Resultate von Versuchen mitzutheilen, las er erst sein Antwortschreiben an **Newton** vor, worin er behauptete, die fallende Kugel müsse nicht genau nach Osten, sondern nach Südost abweichen, sie würde im luftvollen Raum eine excentrische elliptische Spirale, im luftleeren Raum eine excentrische Ellipse beschreiben, und keine Spirale wie **Newton** zu glauben scheine. Die Gesellschaft drang nun wiederholt auf Ausführung der Versuche, und wirklich gab **Hooke** am 10. Dec. 1679 Bericht von einigen, die er angestellt. Sie waren aber sehr ungenügend, da die Fallhöhe nicht mehr als 27 Fuß betrug, und gaben daher kein Resultat. Man muß das wohl gefühlt haben, denn weder in den Protokollen der Gesellschaft, noch in den *Philos. Transactions*, die noch dazu aus einem nicht bekannten Grunde von 1679 bis 1683 suspendirt wurden, findet sich eine weitere Nachricht über dieselben.

Erst in neuerer Zeit ist **Newton's** sinnreicher Vorschlag gerechtfertigt worden und zwar mehrfach:

1) halbwegs im J. 1791 von **Guglielmini** auf dem Thurm degli Asinelli zu Bologna. Die Fallhöhe betrug 90 Fuß;

2) vollständig 1802 durch **Benzenberg** auf dem Michaelisthurm zu Hamburg. Fallhöhe 235 Fuß;

3) von demselben 1804 im Steinkohlenschacht zu Schleebusch in der Grafschaft Mark. Fallhöhe 262 Fuß;

4) sehr genau von Reich im J. 1832 im Drei-Brüder-Schacht bei Freiberg. Fallhöhe 488 Fuß.

Bei allen diesen Versuchen wichen die fallenden Kugeln nach Osten ab, und bei denen von Benzenberg, namentlich aber denen von Reich genau soviel, als es die Theorie verlangt. Die Rotation der Erde ist dadurch experimentell über allen Zweifel erhoben. Bemerkenswerth ist, daß bei diesen Versuchen auch eine kleine Abweichung nach Süden gefunden wurde, wie sie Hooke theoretisch und experimentell nachgewiesen zu haben glaubte, welche aber nach der Theorie von Newton und späteren Mathematikern, u. A. von Gauss, nicht gerechtfertigt wird.

286. Ich erwähnte vorhin (§ 285), daß Hooke in seinem Antwortschreiben an Newton behauptet habe, der fallende Körper müsse durch die vereinte Wirkung der Schwere und der Centrifugalkraft im Vakuum eine Ellipse beschreiben. Durch diese Aeußerung ward Newton, wie er selbst später 1686 in einem Briefe an Halley bemerkt, auf den wichtigen Satz geleitet:

Dafs ein Planet, auf den eine zu dem Quadrat der Entfernung im umgekehrten Verhältniß stehende Kraft wirkt, eine Ellipse beschreibe, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

Newton war nun für sich überzeugt, daß er die wahre Ursache der Bewegung der Himmelskörper, oder vielmehr ihrer Unterhaltung entdeckt habe; aber da er seine Theorie noch nicht mit der Erfahrung hatte vergleichen können, so wagte er auch nicht mit ihr öffentlich hervorzutreten. Als er indess im Juni 1682 einer Sitzung der königl. Gesellschaft beiwohnte, wollte es ein glücklicher Zufall, daß grade die im J. 1679 von Picard ausgeführte Gradmessung (§ 260) Gegenstand der Unterhaltung war. Newton hatte noch keine Kenntniß von den Resultaten dieser Messungen, er nahm sich daher eine Abschrift von denselben, reiste

nach Cambridge zurück, und begann seine im J. 1666 abgebrochene Rechnung vorzunehmen. Schon im Laufe der Rechnung sah er, daß sich seine Theorie bestätigen würde, und aus Freude darüber gerieth er in einen solchen Zustand von Nerven-Reizbarkeit, daß er mehrere Tage lang seine Rechnung nicht vollenden konnte. Er vertraute seine große Entdeckung zunächst nur einigen Freunden, arbeitete sie dann weiter aus, und sandte dann am Ende des J. 1683 die Hauptresultate derselben, jedoch ohne Beweise, an die königl. Gesellschaft.

Mittlerweile waren zwei andere Mitglieder dieser Gesellschaft auch nahe daran, den Mechanismus des Sonnensystems zu enträthseln. Einerseits hatte Wren, der berühmte Erbauer der Paulskirche und derselbe, der in der Geschichte des Stoßes eine so ehrenvolle Rolle einnimmt (§ 262), sich bereits seit einigen Jahren bemüht, die Bewegungen der Planeten aus der Zusammensetzung zweier Kräfte, eines Fallens gegen die Sonne und eines seitlichen Stoßes, herzuleiten, hatte aber mit der Durchführung dieser Idee nicht zu Stande kommen können. Andererseits hatte Halley aus dem dritten Kepler'schen Gesetz, daß sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die Kuben der großen Axen verhalten, die Folgerung gezogen, daß die Centrifugalkräfte sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung verhalten.

Als beide eines Tages mit Hooke über diese Angelegenheit sprachen, behauptete letzterer, er habe bereits alle Bewegungen der Himmelskörper nach dem eben genannten Gesetze bewiesen. Wren und Halley erklärten, daß ihnen dies nicht möglich gewesen wäre, und forderten Hooke auf ihnen den Beweis mitzuthemen. Allein dazu wollte sich Hooke nicht verstehen, obgleich Wren sowie Halley ihm ein Buch von 40 Sh. an Werth zum Geschenk versprochen. Hierauf reiste Halley im August 1684 zu Newton, um sich von diesem die Beweise zu den früher übersandten Sätzen zeigen zu lassen, und ihn zugleich zu ersuchen, seine Arbeiten der königl. Gesellschaft mitzuthemen.

Ersteres geschah sogleich und letzteres im April 1686, wo er eine Handschrift unter dem Titel: *Philosophiae naturalis principia mathematica* an den damaligen Vice-Präsidenten **Hoskins** absandte. Am 28. April 1686 wurde diese Handschrift der königl. Gesellschaft vorgelegt. Dr. **Vincent**, der sie vorlegte, hielt der Schrift eine große Lobrede, und schloß mit der Bemerkung, **Newton** habe die Sache soweit gebracht, daß nichts mehr zu thun übrig bleibe!

Darüber gerieth nun **Hooke**, der anwesend war, ganz außer sich. Mit großer Heftigkeit behauptete er, er sei es, der **Newton** die ersten Winke zu der Entdeckung gegeben habe; zugleich berief er sich auf Mittheilungen, die er früher dem Vice-Präsidenten **Hoskins** gemacht haben wollte, von denen dieser aber erklärte, sich deren nicht zu erinnern. Diese Aeußerungen **Hooke's** wurden **Newton** hinterbracht und vielleicht übertrieben. Die Folge davon war, daß **Newton** unter dem 20. Juni 1686 einen sehr heftig geschriebenen Brief an **Halley** ergehen ließ, worin er u. A. sagte: Er habe bereits am 14. Januar 1672 (1673) **Huyghens** mit seinen Entdeckungen brieflich bekannt gemacht, und den Brief an den damaligen Sekretär der königl. Gesellschaft, Dr. **Oldenburg**, zur Beförderung übersandt. **Oldenburg** habe in solchen Fällen die Originale behalten, und nur Kopien davon abgeschickt. Nun aber sei **Oldenburg's** literarischer Nachlaß in **Hooke's** Hände gefallen, und da sei es wohl möglich, daß derselbe seinen Brief gelesen und sich daraus seine Entdeckungen angeeignet habe.

Diese auf **Hooke's** Charakter allerdings ein sehr böses Licht werfende Aeußerung muß **Newton** doch bei erlangter Ruhe nicht gegründet oder erweisbar erschienen sein, denn auf einen besänftigenden Brief von **Halley** drückte er in einer Antwort am 14. Juli 1686 nicht nur sein Bedauern über seine Heftigkeit aus, sondern zählte auch die neuen Ideen auf, die er aus dem Briefwechsel mit **Hooke** kennen gelernt habe. Endlich fügt er noch hinzu, die beste Art den Streit zu schlichten sei, in der königl. Gesellschaft zu erklären, daß **Wren**, **Hooke** und **Halley** das Gesetz der

Schwere unabhängig von einander aus dem Keppler'schen Gesetze hergeleitet hätten.

Unter solchen Mißshelligkeiten trat das Werk ans Licht, welches dazu bestimmt sein sollte, den Menschen die Harmonie des Himmels zu verkünden! Die königl. Gesellschaft erließ übrigens für die Handschrift ein Dank-sagungsschreiben an **Newton**, und beschloß dieselbe auf ihre Kosten drucken zu lassen. Der Beschluß wurde auch alsbald ausgeführt, und im Mai 1687 war der Druck vollendet.

Zur Geschichte dieses Werks gehört noch der Umstand, daß **Newton** anfangs nur die beiden ersten Bücher desselben gedruckt wissen wollte, und für diese ihren ursprünglichen Partialtitel: *De motu corporum libri duo* beibehalten wünschte, und nicht den Gesamttitel: *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Ganz naiv setzte **Newton** hinzu, die Philosophie sei eine so unbescheidene und streitsüchtige Dame, daß mit ihr sich einlassen ebenso viel heiße als sich in Prozesse verwickeln. Indefs sagt er weiter, der Titel *Philosophia naturalis* würde wohl den Absatz des Werkes vermehren, und da dasselbe nun Eigenthum der königl. Gesellschaft sei, so dürfe er jenen wohl nicht schmälern. Somit willigte er denn in den letzten Titel ein, und gab auf Bitten von **Halley** auch darin nach, daß das dritte Buch beigefügt wurde.

Es erhellt hieraus zur Genüge, was **Newton** von der Philosophie hielt, und wie er im Grunde ganz unschuldig daran ist, daß seit seiner Zeit Naturphilosophie und Physik in England identificirt und miteinander konfundirt werden.

Die *Principia mathematica*, die wie erwähnt 1687 zuerst erschienen, erlebten noch zu **Newton's** Zeiten zwei Ausgaben, eine 1713 in Cambridge durch den verdienstvollen Mathematiker **Roger Cotes** (1682—1716), der darüber mit **Newton** einen sehr ausgedehnten Briefwechsel führte, und die andere zu London 1726 mit Hülfe des Dr. **Pemberton**. Auch später sind noch Ausgaben erschienen: Amsterdam 1733, London 1746. Der größten Verbreitung erfreuten sich, namentlich auf dem Kontinent, die

Ausgaben, welche die beiden Minoriten Le Sueur und Jacquier zu Genf veranstalteten, erstlich 1739 und dann 1750, hauptsächlich in Folge des Kommentars, worin die Herausgeber die schwierigen Stellen des Werks erläuterten. Eine andere kommentirte Ausgabe ist noch 1780 zu Prag von Tessaneck herausgegeben.

Auch kürzere Darstellungen erschienen von dem Werke; die berühmteste darunter ist die von dem schottischen Mathematiker Mac-Laurin: *An account of Sir Isaac Newton philosophical discoveries*, London 1748, ein Quartant, der auch ins Französische übersetzt worden ist. — Ferner Pemberton: *A view of Sir Isaac Newton's Philosophy*, London 1728. — Voltaire: *Elémens de la philosophie de Newton mis à la portée de tout le monde*, Amsterdam 1738, Lausanne 1773. — Paolo Frisi Barnabitaë: *De gravitate universalis corporum libri tres*, Mediolani 1768. Letzteres ebenso gründlich, wie das vorletzte oberflächlich.

287. Die *Philosophia naturalis* von Newton ist im Grunde nichts anderes als ein Lehrbuch der Mechanik, aber in einer Vollkommenheit, wie es die Welt bis dahin noch nicht gesehen hatte. Es fängt ab ovo an, definirt zuvörderst was Quantität der Materie, Qualität der Bewegung, Trägheit u. s. w. sei, entwickelt darauf die allgemeinen Gesetze der Bewegung, die Sätze von der Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte, und geht von leichteren Aufgaben zu immer schwierigeren über, bis es denn auch diejenigen behandelt, welche bei der Bewegung der Himmelskörper vorkommen.

Hier erweist Newton namentlich streng den Satz, daß, wenn ein Körper sich in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel bewegen, und darin durch eine Kraft unterhalten werden soll, die in einem der Brennpunkte dieser Kegelschnitte ihren Sitz hat, diese anziehende Kraft umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung wirken muß.

Er beweist auch den umgekehrten Satz, daß wenn in einem Punkt eine nach dem umgekehrten Verhältniß der quadrirten Entfernungen wirkende Kraft vorhanden ist,

jeder Körper, was für eine Bewegung er auch haben mag, wenn sie nur nicht grade auf diesen Punkt hin oder von ihm ab gerichtet ist, nothwendig einen der drei Kegelschnitte beschreiben muß. Er zeigt dann ferner, daß sowohl das zweite wie das dritte Keppler'sche Gesetz nothwendige Folgen des allgemeinen Gesetzes sind, welches lautet:

Die Körper ziehen sich an direkt wie ihre Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.

Die konsequente und meistens strenge Entwicklung fast all der Folgerungen, welche sich aus diesem einen Gesetze ergeben, dies ist es, welche Newton das unbestrittene Anrecht auf die Urheberschaft der Gravitationstheorie verleihen. Mancher helle Kopf hatte freilich schon vor Newton den Gedanken ausgesprochen, daß zwischen den Himmelskörpern eine Anziehung stattfinden müsse. Spuren davon tauchen schon bei den Alten auf, bei Pythagoras, Aristarch von Samos und Anaxagoras; sie finden sich unter den Neuern in den Schriften von Kopernikus, Keppler, Fermat und Borelli, und wie Newton selbst zuletzt einräumt, hatten Wren, Halley und Hooke sogar das Gravitationsgesetz errathen, obwohl Hooke in seinem *An attempt to prove the motion of the earth*, Lond. 1674 nur sagt, daß die Anziehung desto stärker werde, je näher der anziehende Körper sei. Aber alle diese Männer, und namentlich die drei zuletzt genannten, waren nicht im Stande das Gesetz zu beweisen, es war bei ihnen bloß ein glücklicher Gedanke, der ebenso gut, als er richtig war, sich späterhin auch als unrichtig hätte erweisen können. Die Durchführung des Gedankens war hier die Hauptsache, und diese war nur möglich durch ein so überlegenes mathematisches Genie wie Newton.

Es ist, wie schon früher gesagt, nicht möglich, hier alle die Probleme zu berühren, welche Newton in seinem Werke behandelt, und mehr oder weniger vollständig gelöst

hat; ich will davon nur einige erwähnen, zunächst das von der Gestalt der Erde.

Cassini hatte schon vor dem J. 1666 die Entdeckung gemacht, daß beim Jupiter die Rotationsaxe merklich kleiner ist als der Durchmesser des Aequators, und Flamstead, der Astronom zu Greenwich, fand es bestätigt. Diese That-
sache scheint Newton zuerst auf das Problem der allgemeinen Gestalt der Erde hingelenkt zu haben. Er hat es zwar nicht vollständig gelöst, aber doch jedenfalls viel genügender als sein Nebenbuhler Huyghens; er behandelte es auch von vorn herein weit naturgemäßer als dieser, indem er die Schwere oder Anziehungskraft nicht bloß als im Mittelpunkt vorhanden annahm, sondern alle Theile der Erde als schwer und einander nach dem Gravitationsgesetz anziehend betrachtete. Indem er dann, was er noch nicht zu beweisen vermochte, durch eine angeborene Divinationsgabe errieth, daß eine diesem Gesetz unterworfenen flüssigen Masse von gleichförmiger Dichte, wenn sie rotirt, die Gestalt eines abgeplatteten Sphäroids annehmen müsse, kam er auf einem freilich indirekten Wege zu dem Resultat, daß die Axen des Sphäroids sich wie 229 : 230 verhalten.

Als Newton mit diesem Resultat 1687 hervortrat, hatte Richer seine Beobachtungen über die Verlangsamung der Pendelschwingungen unter den Tropen längst gemacht, und Huyghens sich über die Ursache dieser Erscheinung in der pariser Akademie bereits ausgesprochen, obwohl er seine Ansicht erst 1690 drucken ließ. Natürlich konnte Newton das Problem der Erdgestalt nicht behandeln, ohne die Centrifugalkraft in Betracht zu ziehen. Ob er dabei auf Huyghens fußte, der schon in seinem *Horologium oscill.* 1673 (§ 259) davon spricht, oder von selbst auf die hierher gehörigen Sätze verfiel, muß dahin gestellt bleiben, aber soviel ist gewiß, daß er in seinen Principien die Centrifugalkraft aus einem weit allgemeineren Gesichtspunkt auf-
faßte als Huyghens; ohne sie würde er ja auch gar nicht

im Stande gewesen sein, die elliptische Bewegung der Himmelskörper gründlich zu zergliedern.

Die Untersuchung über die Gestalt der Erde hatte zwei Entdeckungen im Gefolge, die zu Newton's schönsten Triumphen gehören. Als der große Astronom des Alterthums Hipparch im J. 128 v. Chr. die Länge der Fixsterne in Bezug auf den Aequinoktialpunkt verglich, fand er sie 2 Grad größer, als von Timocharis und Aristyll im J. 294 v. Chr. bestimmt worden war, und ein noch bedeutenderer Unterschied zeigte sich, wenn er mit seinen Beobachtungen die noch älteren des Eudoxus verglich. Es ergab sich, daß, wenn die Fixsterne so fortführen in Bezug auf die Aequinoktialpunkte vorzurücken, sie in etwa 25700 Jahren einen vollständigen Umlauf um die Pole der Ekliptik machen würden, und dieser Cyklus erhielt den Namen des großen platonischen Weltjahres.

Die neueren Beobachtungen bestätigten diese Bewegung der Fixsterne. Die Lage der alten Aequinoktialpunkte, welche durch die Sternbilder des Widlers und der Wage festgesetzt worden, wich immer mehr ab von der, welche wirklich beobachtet wurde, so daß man sich genöthigt sah, die wirklichen Sternbilder des Thierkreises oder die Asterismen von den Zeichen oder Dodekatemorien zu unterscheiden.

Die alten Astronomen sahen in dieser Erscheinung eine wirkliche Bewegung der Fixsterne, ein Vorrücken derselben im Sinne der Ekliptik. Kopernikus berichtete diese Vorstellung; er zeigte, daß die Bewegung nur scheinbar sei, und aus einer langsamen Drehung der Ebene des Aequators der Erde entspringe, rückwärts in Bezug auf deren Bewegung in der Ekliptik. Seitdem nannte man die Erscheinung das Zurückweichen der Nachtgleichen, ohne übrigens einen Grund von deren Ursache angeben zu können.

Da nun trat Newton auf und zeigte, daß die Erscheinung eine nothwendige Folge der sphäroidischen Gestalt der Erde sei, des Ringes, der gleichsam über dem Aequator

der Erde angehäuft ist, auf den Sonne und Mond eine solche Anziehung ausüben müssen, daß er sich langsam rückwärts dreht.

Die zweite hierher gehörige Entdeckung Newton's betrifft den Lauf des Mondes, das Zurückweichen der Knoten seiner Bahn, und dann diejenige periodische Beschleunigung oder Verzögerung in jedem Viertel seiner Umlaufbewegung, welche man Variation nennt. Sie wurde von Tycho Brahe entdeckt, und wie man neuerdings gefunden, zwischen den Jahren 970 bis 980 von dem arabischen Astronomen Abulwefa zu Bagdad erkannt. Newton zeigte, daß die erste Erscheinung aus der Anziehung der sphäroidalen Erde auf den Mond entspringe, und daß die zweite eine Wirkung der Sonne auf diesen Trabanten sei. Somit legte er den ersten Grund zur Theorie der Bewegung des Mondes, die eine der schwierigsten Aufgaben der Astronomie ist, und zugleich eine der nützlichsten, da sie eins der besten Mittel zur Lösung des Problems der Meereslänge an die Hand giebt.

Die Zahl der astronomischen Gegenstände, die Newton behandelt und wenigstens so weit erledigt, daß dadurch den späteren Forschungen die Bahn gebrochen wird, ist sehr bedeutend, und ich müßte sehr lange bei ihnen verweilen, wenn ich sie gründlich auseinander setzen wollte; ich will daher nur einige derselben namhaft machen:

1) Methode, aus drei Beobachtungen die Bahn eines Kometen zu berechnen.

2) Untersuchung über die Bewegung dreier Körper, die sich nach dem Gravitationsgesetz anziehen, eine Untersuchung, deren Aufgabe späterhin unter dem Namen des Problems der drei Körper eine so große Berühmtheit erlangt hat.

3) Anziehende Kraft der Berge gegen das Pendel.

4) Untersuchung über Ebbe und Fluth, ein Phänomen, von welchem Keppler und Andere zwar ahnten, daß es aus der Anziehung des Mondes entstehe, dessen Ur-

sprung aber keiner mit Sicherheit hatte nachweisen können. Newton löste es wenigstens in so weit, daß er, was allen seinen Vorgängern ein Räthsel blieb, das Steigen des Meeres an der vom Monde abgewandten Seite der Erde auf eine sehr befriedigende Weise aus der Anziehung des Mondes auf den festen und flüssigen Theil des Erdkörpers erklärte.

288. Von den der speciellen Physik angehörigen Gegenständen findet sich in den Principien zuvörderst ausinandergesetzt:

1) Die Theorie der Lichtbrechung als Folge einer Anziehung des lichtbrechenden Körpers auf die Lichttheilchen. Die Theorie erschien hier früher als in der Optik.

2) Die Aufstellung eines leidlich befriedigenden Gesetzes für den Widerstand, den bewegte Körper in luftförmigen Flüssigkeiten finden. Schon Galilei hatte eingesehen, daß seine Fallgesetze nur im luftleeren Raum streng richtig seien, und er hatte ein Mittel angegeben, den Widerstand der Luft faktisch nachzuweisen, welches auch nachher von den Mitgliedern der Accademia del Cimento mit Erfolg zur Ausführung gebracht wurde. Späterhin zwischen 1640 bis 50 stellte Riccioli eine Reihe von Versuchen an über das Fallen von Kugeln von verschiedenem specifischen Gewicht in Mitteln wie Luft und Wasser, wobei er fand, daß die specifisch leichteren einen größeren Widerstand erfuhren als die schwereren. Ein Gesetz für den Widerstand aufzusuchen, fiel ihm noch nicht ein; der erste, der dies unternahm, war Deschales, der in seinem *Cursus mathematicus*, Lugd. 1674 nach einigen Versuchen den Satz aufstellen zu können glaubte: daß der Widerstand dem vom fallenden Körper zurückgelegten Weg proportional sei.

Ums J. 1670 machte Mariotte in der pariser Sternwarte eine große Zahl von Versuchen, um den Widerstand der Luft zu ermitteln. Er ließ Kugeln von verschiedenem Material aus einer Höhe von $166\frac{1}{2}$ Fuß herabfallen, und maß die Zeiten mit einem Sekundenpendel. Dabei kam er zu dem Resultat, daß die für den Widerstand abzuziehende Höhe proportional sei dem Fallraum und der mittleren

Geschwindigkeit. Die Versuche stimmten so wunderbar genau mit dieser Theorie, daß schon ein Kollege von ihm, **De la Hire**, meinte, er habe sie wohl ein wenig nach seiner Regel akkomodirt. **De la Hire** hielt es sogar für nöthig, die Versuche von **Mariotte** zu wiederholen, gelangte aber doch zu keinem anderen Resultat als dieser.

So stand diese Angelegenheit, als **Newton** in seinen Principien ein neues Gesetz aufstellte, welches also lautet: Der Widerstand ist gleich dem Gewichte einer Säule des Fluidums, welche die Vorderfläche des bewegten Körpers zur Basis und die seiner Geschwindigkeit zukommende Fallhöhe zur Höhe hat. Bei einem und demselben Körper und einem und demselben Fluidum ist also der Widerstand dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional.

Um dieses aus theoretischen Principien abgeleitete Gesetz zu prüfen, ließ **Newton** im J. 1710 am 9. Juni durch **Hawksbee** in der Paulskirche zu London eine Reihe von Versuchen anstellen, wobei gläserne, theils leere theils mit Quecksilber gefüllte Kugeln eine Höhe von 220 engl. Fuß durchfielen. Die Versuche stimmten auf eine befriedigende Weise mit der Theorie, und dasselbe war der Fall bei einer anderen Reihe, welche neun Jahre später der englische Physiker **Desaguliers** an demselben Orte, nur aus einer noch größeren Höhe, 272 Fuß engl., anstellte.

Nach diesen Erfahrungen betrachtete man das **Newton'sche** Gesetz des Widerstandes als richtig, wenigstens für mittlere Geschwindigkeiten. Indefs hatte **Newton** selbst erkannt, daß seine Theorie den Erfahrungen nicht vollkommen genüge; durch Versuche mit Pendeln hatte er gefunden, daß sein Gesetz bei langsamen Bewegungen den Widerstand zu klein giebt. Er folgerte daraus, daß der Widerstand von zwei Größen abhängig sei, von denen die eine dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional gehe; für die andere konnte er das Gesetz nicht auffinden, und so sah er sich denn genöthigt diese Lehre zu verlassen ohne sie vollendet zu haben.

So blieb die Sache bis zum J. 1740, wo der Engländer **Robins** eine ansehnliche Reihe von Versuchen über die Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln anstellte, und dabei zu dem Resultate kam, daß der Widerstand bei so schnellen Bewegungen fast dreimal so groß sei, als ihn die Newton'sche Theorie angiebt. Bei diesen Versuchen war es, beiläufig bemerkt, daß das ballistische Pendel zuerst gebraucht wurde. Seitdem ist nun freilich das Mangelhafte der Newton'schen Theorie anerkannt, allein trotz zahlreicher Versuche und ebenso zahlreicher mathematischer Untersuchungen ist das Problem vom Widerstand ein noch ungelöstes.

289. Ein anderes Gebiet der Physik, worin **Newton** einen großen Beweis seines durchdringenden Verstandes abgelegt hat, ist die Akustik und zwar dadurch, daß er zuerst aus theoretischen Principien einen Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft aufstellte. Die Formel, welche er gegeben hat, ist sehr einfach:

$$v = \sqrt{\frac{e}{d}},$$

worin e die Expansivkraft und d die Dichte der Luft ausdrückt, aber sie beruht auf einer Reihe von Schlüssen, deren Verständniß einen bedeutenden Grad von mathematischer Auffassungsgabe verlangt.

Newton's Theorie der Fortpflanzung des Schalles ist später von Einigen für unverstehbar, von Andern für widersprechend erklärt, allein sie hat nur den Mangel, daß sie zu partikulär ist, im Uebrigen ist sie in Bezug auf die physischen Voraussetzungen, von denen sie ausgeht, vollkommen richtig und enthält den Keim der wahren Theorie, wie das von einem Geistesgenossen **Newton's**, dem großen Mathematiker **La Grange**, in den Denkschriften der berliner Akademie für 1786 gründlich nachgewiesen ist. Zwar weicht der numerische Werth, welchen obige Formel liefert, bedeutend von der Erfahrung ab. **Newton** selbst berechnete für mittlere Temperaturen $v = 968$ engl. Fuß = 906 paris. Fuß, und mit richtigeren Werthen als

ihm für e und d zu Gebote standen, würde man eine noch etwas kleinere Zahl erhalten, während die genauesten Messungen heutiger Zeit ergeben haben $v = 1022$ par. Fuß bei 0° .

Allein diese Abweichung von der Erfahrung wirft keinen Makel auf Newton's Theorie; sie entsprang einfach daraus, daß er eine ihm unbekannte physikalische Bedingung nicht in Betracht zog. Er setzte dem Mariotte'schen Gesetze gemäß die Elasticität der Luft einfach dem auf ihr lastenden Drucke proportional, nicht erwägend, daß dasselbe hier noch einer Korrektion bedarf, indem bei den raschen Kondensationen und Dilatationen, welche die Luft bei der Fortpflanzung des Schalles erleidet, Entwicklung und Absorption von Wärme erfolgen, die nicht Zeit zur Ausgleichung haben, und die Elasticität der Luft erhöhen. Bringt man die Berichtigung an, wie es in neuerer Zeit von Laplace geschehen ist, so stimmt der Newton'sche Ausdruck sehr befriedigend mit der Erfahrung. Merkwürdig ist noch, daß Newton bei seiner ganzen Untersuchung nie von Wellen spricht, sondern von Schlägen, Pulsibus.

Der letzte Gegenstand, den ich aus dem reichen Schatz der von Newton behandelten Aufgaben der mechanischen Physik noch zu besprechen für nöthig halte, ist die Bewegung des Wassers oder im Allgemeinen der tropfbaren Flüssigkeiten.

Newton ist der erste, der an einem aus einer Oeffnung hervorschießenden Wasserstrahl die Zusammenziehung beobachtet hat, welche dieser in einiger Entfernung von der Oeffnung erleidet, die Contractio venae. Er giebt auch eine Erklärung von derselben, dergemäß die vena contracta aus der Bewegung der Wassertheilchen vor dem Ausfluß nach dem Mittelpunkt der Oeffnung entsteht, und gelangt durch seine Theorie zu dem Ausdruck für die Ausflusgeschwindigkeit

$$v = m \sqrt{2gh},$$

der eine Modifikation desjenigen von Torricelli $v = \sqrt{2gh}$ ist.

Dann behandelt er die Oscillationen des Wassers in communicirenden Röhren, und findet, daß diese Oscillationen übereinstimmen mit denen eines Pendels, welches die halbe Länge der beiden Wassersäulen zur Länge hat. Aus diesem Satz leitet er nun wieder die Geschwindigkeit der Wasserwellen her.

Er betrachtet in einer Wasserstrecke AC , deren Mitte B ist, AB als eine Säule, deren Enden durch Oscillation steigen und fallen. Wenn das Wasser von A nach B steigt und darauf von B nach C wieder sinkt, so wird das Pendel von der Länge $\frac{1}{2}AB$ eine Oscillation machen, worunter Newton einen Hin- und Hergang versteht. In dieser Zeit ist aber die Welle um ihre ganze Länge fortgerückt, und in derselben Zeit würde auch ein viermal so langes Pendel eine halbe Oscillation machen, folglich wäre die Länge dieses Pendels $4 \cdot \frac{1}{2}AB = 2AB = AC =$ der Länge der Welle. Also schließt Newton, die Zeit, in welcher eine Welle um ihre Länge fortschreitet, ist ziemlich gleich der Schwingungszeit eines einfachen Pendels von der Länge dieser Welle.

Eine Welle von 3,05 par. Fuß Länge würde also in einer Sekunde einen Weg von 3,05 par. Fuß zurücklegen, weil die Länge des Sekundenpendels soviel beträgt. Doch setzt Newton hinzu, es könne dies alles nur ungefähr richtig sein, da die Oscillationen der Wassertheilchen in den Wellen nicht senkrecht auf und ab geschähen, und wirklich haben auch die späteren Forschungen mannichfache Mängel an der Newton'schen Wellentheorie aufgefunden, was uns aber nicht darf vergessen lassen, daß der große Mann hier sowie in manchen anderen Zweigen der mechanischen Physik die Bahn gebrochen hat.

Somit hätte ich denn den Haupt-Inhalt des berühmten Werkes dargelegt, durch welches Newton nicht nur sich selbst das unvergängliche Denkmal errichtet, sondern in gewisser Beziehung auch für die Physik eine ebenso denkwürdige Epoche begründet hat, wie für die Astronomie. Ist der Erfolg, den Newton bei seinen physikalischen Unter-

suchungen errang auch lange nicht gleich zu setzen dem, welcher seine astronomischen Forschungen krönte, so muß man doch anerkennen, daß seine Principia den Grund legten zur engeren Verknüpfung der Mechanik mit der Physik, zur richtigeren Behandlung und Erkenntniß der Bewegungsphänomene, die einen so großen Theil der physikalischen Aufgaben ausmachen.

Newton's Principia mathematica haben wesentlich dazu beigetragen die Phantasien der cartesischen Philosophie aus der Physik zu verdrängen, und an deren Stelle eine exakte Forschungsweise zu setzen. Und wenn es vielleicht scheinen kann, daß sie der Physik der folgenden Decennien einen zu ausschließlicly mathematischen Charakter ertheilten, so lag die Schuld weniger an Newton, als vielmehr in der Pedanterie seiner Anhänger, und andererseits in der gleichzeitigen außerordentlichen Entwicklung der Mathematik, der sich so viele hervorragende Geister zuwandten, so daß der Glaube verzeihlich war: das Heil der Physik liege allein in der Mathematik.

290. An dieser Glanzepoche der Mathematik hat bekanntlich Newton selbst einen so wesentlichen Antheil, daß ich die Schilderung seiner Leistungen in bedeutendem Grade unvollständig lassen würde, wenn ich nicht wenigstens einiges darüber sagte, zumal sie ihn in Berührung setzten mit unserem berühmten Landsmann Leibnitz, und einen Streit hervorriefen, der in der gelehrten Welt jener Zeit das größte Aufsehen erregte.

Unter allen Entdeckungen in der Mathematik ist die der Infinitesimalrechnung bei Weitem die bedeutendste. Keine andere frühere oder spätere läßt sich ihr an die Seite stellen, denn sie hat die Wissenschaft nicht bloß erweitert, sondern ganz und gar umgestaltet, neu geschaffen und zu einer Höhe potenzirt, von der herab alle bis dahin gemachten Fortschritte nur als kleinlich erscheinen können. Kein Wunder also, daß von dem Moment an, wo man die Wichtigkeit und Tragweite der neuen Rechnungsweise zu ahnen anfang, die Frage aufgeworfen ward, wem man

eigentlich die Erfindung dieses bewundernswürdigen Instruments zu verdanken habe.

Die Frage kann verschieden beantwortet werden. Will man die Erfindung demjenigen zuschreiben, bei dem sich die erste Spur derselben vorfindet, so hat man gar weit zurückzugehen. Man kann mit Archimedes anfangen, kann Pappus, Keppler, Napier, Cavalieri, Fermat, Mercator, Wallis, Barrow und Andere nennen, in deren Schriften sich mehr oder weniger ausgebildete Spuren derjenigen Methode finden, die darauf beruht die Gränzen zu finden, denen das Verhältniß der Zunahmen veränderlicher Größen sich in dem Maße nähert, als diese Zunahmen kleiner werden. Aber in den Händen aller dieser Mathematiker blieb die Methode nur ein besonderer Kunstgriff zur Lösung gewisser schwieriger Aufgaben, und keiner ahnte, daß darin der Keim einer gänzlichen Umgestaltung der Wissenschaft liege.

Erst Newton und Leibnitz haben die Allgemeinheit jener Methode erkannt, und sie auf eine fruchtbringende Weise zur Fortbildung der Wissenschaft anzuwenden verstanden. Daher kann denn auch eigentlich nur die Frage sein und ist es auch in der That nur gewesen, welchem von diesen beiden großen Männern die Urheberschaft des neuen Kalküls zuzusprechen sei. Leidenschaft und nationale Vorliebe haben diese Frage zu einem heftigen Streite angeschürt, der es seiner Zeit zu keiner ruhigen Entscheidung kommen liefs. Jetzt nach mehr als einem Jahrhundert, da wir über den streitenden Partheien stehen, können wir ein richtiges Urtheil fällen, und müssen es folgendermaßen abfassen.

Newton ist unzweifelhaft Entdecker jenes höheren Theils der Mathematik, den man heutigen Tages mit dem Namen Analysis des Unendlichen belegt, ja er ist sogar der erste Entdecker desselben, aber er ist nicht der alleinige. Auch Leibnitz hat ihn entdeckt, und seine Anrechte auf diese Entdeckung, wenngleich sie späteren Datums sind, sind darum ebenso wohl begründet wie die von Newton.

Ja wenn man zugleich die Frage aufwirft, wer von beiden die neue Rechnung unter dem allgemeineren Gesichtspunkt aufgefaßt, wer am meisten zu ihrer Ausbildung beigetragen hat, so kann kein Zweifel darüber obwalten, daß **Leibnitz** das größere Verdienst zuerkannt werden müsse. Eine gründliche Darlegung der Thatsachen, auf welche sich das vorstehende Urtheil stützt, gehört aber vor das Forum der Geschichte der Mathematik, die ich hier nicht zu liefern beabsichtige.

Zeitgenossen Newton's.

291. **Edmund Halley**. Dieser als Physiker und als Astronom gleich berühmt gewordene Mann war der Sohn eines wohlhabenden Seifensieders zu Haggerston bei London; er wurde daselbst 1656 geboren, und starb 1742 im 86sten Jahre seines Lebens zu Greenwich. Seine Neigung für physikalische und mathematische Beschäftigungen erwachten schon sehr früh. Bereits im J. 1672, also in seinem 16. Lebensjahr, als er noch in London die Paulschule besuchte, fand er Vergnügen daran, Sonnenuhren zu verfertigen und die Kompaßnadel zu beobachten. Diese Neigung wurde noch mehr erhöht, als der Vater ihn 1673 auf das Queen's College zu Oxford schickte, und eine kleine Sammlung physikalischer und astronomischer Instrumente für ihn ankaufte.

Im J. 1676, als er 20 Jahre zählte, erschien von ihm schon eine Abhandlung in den Philos. Transact., deren Inhalt war, die Aphelien und Excentricitäten der Planetenbahnen auf eine geometrische Weise zu bestimmen. Um dieselbe Zeit ging er mit dem Gedanken um, einen Fixsternkatalog zu entwerfen, da er aber erfuhr, daß bereits zwei der berühmtesten Astronomen seiner Zeit, **Flamsteed** und **Hewel**, mit dieser Arbeit beschäftigt waren, gab er diesen Plan in der Allgemeinheit auf, und beschränkte ihn bloß auf die südliche Hemisphäre. Durch vornehme Gönner wußte er es dahin zu bringen, daß Karl II. ihn auf Staatskosten zum Zweck der Ausführung dieses Planes

nach St. Helena schickte. Im Februar 1677 kam er daselbst an, und beobachtete drei Monate hindurch, eine freilich etwas kurze Zeit; doch hatte er hier auch Gelegenheit, den Durchgang des Merkurs vor der Sonne zu beobachten.

Das Ergebniss dieser Reise war ein *Catalogus stellarum australium*, der 1679 erschien, und worin er auch nicht versäumt hatte, seinen Schutzherrn durch ein neues Sternbild Robur Carolinum zu verewigen. Es war dieses Karl's II. Eiche genannt, zum Andenken an die hohle Eiche, in welche sich Karl II. nach der Niederlage des Marquis von Worcester vor den Truppen Cromwell's verbarg. Für Halley hatte diese Arbeit zunächst die Folge, daß die königl. Gesellschaft ihn, obwohl erst 22 Jahr alt, im J. 1678 zu ihrem Mitgliede ernannte.

In der königl. Gesellschaft muß er sich bald sehr großes Vertrauen erworben haben, denn schon im nächsten Jahr 1679 sehen wir ihn von derselben nach Danzig gesandt, um den Streit zu schlichten, der zwischen Hooke und Hevel wegen des Gebrauchs der Fernröhre an astronomischen Meßwerkzeugen ausgebrochen war (§ 196, 239). Bekanntlich kehrte Halley mit dem Urtheile zurück, daß Hevel mit Dioptern und bloßen Augen ebenso genau messe, als andere Astronomen mit Hülfe der damaligen Fernröhre.

Welchen Antheil Halley an der Entdeckung des Gravitationsgesetzes hatte, und wie namentlich er es war, der Newton zur Herausgabe seiner Principia bewog, habe ich bereits erwähnt. Theoretische Arbeiten über den Erdmagnetismus, deren ich gleich näher gedenken werde, machten es ihm wünschenswerth, die Phänomene der magnetischen Deklination in den tropischen Regionen des Atlantischen Oceans durch eigene Anschauung kennen zu lernen, und die Idee fand wegen ihrer praktischen Beziehung zur Schiffahrtskunst Unterstützung von Seiten der Regierung.

König Wilhelm I. machte ihn zum Kapitän und übergab ihm ein Schiff, mit dem er am 20. Oktober 1698 von

England absegelte, zunächst nach der afrikanischen Küste, dann nach dem tropischen Amerika und Ostindien. Krankheiten und Meutereien unter dem Schiffsvolk zwangen ihn aber schon im Juli 1669 nach England zurückzukehren. Das Unternehmen ward indeß damit noch nicht aufgegeben. Mit neuer Mannschaft versehen, verließ er England am 16. September 1699 abermals, besuchte die Azoren, die Kapverden, die Kanarischen Inseln, St. Helena, mehrere Küstenpunkte von Afrika und Amerika bis zum 53° S. und kehrte am 7. September 1700 in die Heimath zurück.

Die Frucht dieser Reise war für Halley selbst der Titel und lebenslänglich das halbe Gehalt eines englischen Flottenkapitäns, und für die Wissenschaft die erste Deklinationskarte. Der gute Erfolg des Unternehmens veranlaßte, daß König Wilhelm I. ihm im J. 1701 eine Aufnahme der englischen Küste im Kanal übertrug, sowohl in Bezug auf die geographische Ortsbestimmung als auch auf den Lauf der Fluth. Das Ergebniß dieser Arbeit war eine Karte vom Kanal in größerem Maßstabe.

Diese beiden Expeditionen verschafften Halley einen solchen europäischen Ruf, daß der Kaiser von Oesterreich sich ihn von der Königin Anna erbat, um seinen Rath wegen Anlage eines bequemen Hafens am Adriatischen Meere zu vernehmen. In Folge deß machte Halley im November 1702 eine Reise nach Istrien, besuchte Wien, wo er vom Kaiser mit Auszeichnung empfangen ward, und kehrte dann über Hannover nach England zurück, von wo er jedoch noch einmal nach Oesterreich ging, um bei der Befestigung von Triest seine Rathschläge abzugeben.

Im J. 1703 wurde er nach Wallis' Tod Professor der Mathematik in Oxford, 1713 an Stelle des verstorbenen Hans Sloane Sekretär der königl. Gesellschaft, und 1719 nach Flamsteed's Tode königl. Atronom an der Sternwarte in Greenwich. Er war der zweite, der diese wichtige Stelle bekleidete, und hat sie bis zu seinem Tode zum Ruhm des Instituts inne gehabt (§ 202).

292. Halley war ein ungemein thätiger Mann, und da er bis in sein hohes Alter im vollen Besitz seiner Geisteskräfte blieb, so begreift man, daß seine Arbeiten sehr zahlreich sind. Die Philosoph. Transactions allein hat er mit 78 Abhandlungen bereichert, und außerdem hat er noch mehrere eigene Werke geschrieben und andere übersetzt, z. B. *Apollonii Pergaei conicorum libr. VIII, Oxonii 1710* aus dem Arabischen ins Lateinische. Seine Arbeiten sind bei Weitem nicht alle mathematischen und astronomischen Inhalts, ein großer Theil derselben greift vielmehr ins Gebiet der Physik und physikalischen Geographie.

Unter seinen astronomischen Arbeiten hat am meisten zu seinem Ruhme beigetragen die Berechnung der Bahnen von 24 Kometen, die zwischen 1337 und 1698 erschienen waren. Bei dieser Rechnung, die er im J. 1705 nach Newton's Kometentheorie ausführte, hatte er das Glück zu finden, daß die Kometen von 1531, 1607 und 1682 ein und derselbe Himmelskörper seien, der sich also nicht in einer Parabel oder Hyperbel, sondern in einer Ellipse, in einer geschlossenen Bahn bewege, und in etwa 75 Jahren seinen Umlauf um die Sonne vollende. Daher sagte er denn auch die Wiederkehr desselben im J. 1759 ganz richtig voraus, und es ist dies bekanntlich derselbe Komet, der auch 1835 sichtbar war.

Halley glaubte noch bei zwei anderen Kometen elliptische Bahnen gefunden zu haben, so u. A. bei dem großen Kometen von 1680, dessen Schweif 70° lang war. Von diesem glaubte er, was Whiston dann weiter ausführte, daß er die Ursache der Sündfluth gewesen, daß er dann später zur Zeit von Julius Caesar's Tode wieder erschienen sei, und eine Umlaufszeit von 575 Jahren habe, demgemäß also im J. 2254 wieder erscheinen werde. Wir haben die Richtigkeit der Rechnung noch abzuwarten!

Nicht minder berühmt als durch die glücklichen Resultate seiner Kometenberechnungen ist Halley durch die von ihm ausgesprochene Idee geworden: Aus dem Durchgang der Venus oder des Merkurs durch die Sonnenscheibe

die Parallaxe der Sonne oder die Entfernung der Erde von der Sonne zu berechnen. Ueber Ausführung und Erfolg dieses Gedankens war bereits § 241 die Rede.

Von den astronomischen Verdiensten Halley's will ich noch erwähnen, daß er der erste ist, welcher die eigenen Bewegungen gewisser Fixsterne konstatirt hat; er zeigte namentlich, daß Aldebaran, Arktur und Sirius zu seiner Zeit um einen halben Grad südlicher standen als zu Ptolemaeus Zeiten. Seine Abhandlung darüber findet sich in den Philos. Transact. für 1718. Er spricht indeß bloß von der Bewegung in der Breite, Cassini entdeckte auch die in der Länge, dabei äußernd, daß sich die Sonne ebenfalls bewegen möge.¹⁾

Man muß diese eigenen bisher noch unter kein Gesetz gebrachten Bewegungen verschiedener Fixsterne nicht verwechseln mit jener allen Fixsternen angehörigen kleinen Bewegung, die im Laufe jeden Jahres einen Cyklus durchläuft, und wie wir jetzt wissen, nur eine scheinbare ist, während wir die nicht periodische eigene Bewegung mit allem Grund für eine wahre halten. Jene periodische scheinbare Bewegung wurde auch zu Halley's Zeit entdeckt, und auf ihre Ursache zurückgeführt. Hooke ist wohl der erste, der sie beobachtet hat. Er sagt in seinem *Attempt to prove the motion of the earth*, 1674, schon im J. 1669 gefunden zu haben, daß γ draconis im Juli 25" nördlicher stehe als im Oktober. Dann fand Picard, als er 1671 zu Uranienborg beobachtete, eine jährliche Veränderung von etwa 40 Sekunden; ebenso beobachtete Flamsteed im J. 1680, daß die Deklination des Polarsterns im Juli 40" kleiner sei als im December. Flamsteed hielt die Erscheinung für Wirkung einer Parallaxe der Sterne, Cassini und Manfredi bestritten dies, keiner aber wußte eine bessere Erklärung.

Da wollte es das Glück, daß Samuel Molineux, ein Liebhaber der Astronomie, auf seiner Privatsternwarte zu Kew

¹⁾ Annuaire 1842, p. 383.

bei London ein vortreffliches von dem berühmten **Graham** konstruirtes Instrument aufstellte, und von dem jungen **Dr. Bradley**, damals Professor der Astronomie in **Oxford**, **Keill's** Nachfolger seit dessen Tod 1721, im December 1725 einen Besuch erhielt. Um das neue Instrument zu prüfen und zugleich zu sehen, was an den früher von **Hooke** publicirten Beobachtungen sei, richteten sie dasselbe auf γ draconis, und waren sehr erstaunt, diesen Stern südlicher zu finden, als er einen Monat zuvor von **Molineux** allein beobachtet worden war. Sie schrieben dies anfänglich einem Beobachtungsfehler zu, aber die Fortsetzung der Beobachtung belehrte sie bald eines Besseren, denn es ergab sich, daß der Stern innerhalb eines Jahres eine ganz regelmäßige Bewegung machte.

Nicht lange darauf starb **Molineux** und **Bradley** setzte nun die Beobachtungen allein fort, und zwar zu **Wanstead** in **Essex** mit einem neuen **Graham'schen** Instrument. Hier verfolgte er das Phänomen von August 1727 mit unausgesetztem Fleiß, und war endlich so glücklich im folgenden Jahre in einem Briefe an **Halley**, der in den *Philos. Transact.* von 1728 aufgenommen ist, dasselbe vollständig zu erklären. Es beruht darauf, daß das Fernrohr nur dann den wahren Ort des Sterns anzeigt, wenn die Bewegung der Erde mit der Richtung des Lichts vom Stern zusammenfällt; ist dies nicht der Fall, so muß das Fernrohr mit dem Objectiv nach der Seite geneigt werden, nach welcher sich die Erde hinbewegt, damit der Lichtstrahl dasselbe längs der Axe durchlaufen kann. Diese Abweichung ist am größten, wenn beide Bewegungen senkrecht zu einander sind, und wie vorher bemerkt $= 0$, wenn die Bewegungsrichtungen zusammenfallen. Da die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne ihre Richtung stetig ändert, und das Fernrohr dem entsprechend gestellt werden muß, so scheint es, als ob das Gestirn eine periodische Aenderung seiner Lage vollführe. Wäre die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn verschwindend klein gegen die des Lichts, so würde die Erscheinung gar nicht zu Stande kommen, da sie aber

existirt, so sind die beiden Geschwindigkeiten vergleichbar, und in der That hat sich auch daraus die Geschwindigkeit des Lichtes ableiten lassen.

Dies ist das Phänomen, welches man später Aberration des Lichts genannt hat, und dessen Entdeckung eine der glänzendsten der neueren Astronomie genannt werden muß. Es hat auch für die Physiker großes Interesse, indem, wenn einmal die Bewegung der Erde als ein Faktum gesetzt wird, daraus ein neuer Beweis für die meßbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts entspringt, wie andererseits, wenn die Geschwindigkeit des Lichts zugegeben wird, darin ein Beweis von der Bewegung der Erde enthalten ist, der noch dazu von der Gravitationstheorie unabhängig dasteht.

Als Bradley seine große Entdeckung machte, stand ihm, obwohl er Professor der Astronomie zu Oxford war, nur eine Privatsternwarte mit hinlänglichen Hülfsmitteln zu Gebote. Nach Halley's Tode im J. 1742 wurde er zu dessen Nachfolger an der königl. Sternwarte zu Greenwich ernannt, und diese Stelle bekleidete er bis an sein Ende mit Auszeichnung. Die wichtigste Arbeit, die er in Greenwich vollendete, war die über die Nutation der Erdaxe, und deren 18jährige vom Lauf der Mondknoten abhängige Periode. Auch diese Arbeit hatte er bereits im J. 1727 begonnen, aber erst 1748 war sie so weit gediehen, daß er sie in den Philos. Transact. publiciren konnte. Am Schlusse dieser Abhandlung spricht er auch die Vermuthung aus, daß wenn sich unser Sonnensystem im Weltenraum bewege, dies eine scheinbare Veränderung im Winkelabstand der Fixsterne herbeiführen werde¹⁾. Die Möglichkeit einer Bewegung der Sonne erörterten u. A. auch Tobias Mayer 1760, Lambert 1761, Herschel 1783.

James Bradley war 1692 zu Shireborn in Gloucestershire geboren, und starb zu Chalford in derselben Grafschaft 1762 an einer Harnverhaltung.

¹⁾ Annuaire 1842, p. 388.

293. Von Halley's physikalischen Verdiensten möchte ich zuvörderst hervorheben, daß wir ihm in der Optik die erste allgemein gültige Formel für die Brenn- und Vereinigungsweiten der Strahlen bei allen sphärischen Linsen und Spiegeln verdanken; er gab diese Formel in den Philos. Transact. von 1693. Bis dahin hatte man sich nach Barrow's und Anderer Vorgang noch immer zur Lösung dieser Aufgabe der schwerfälligen geometrischen Methode bedient, welche nöthigt jeden einzelnen Fall besonders zu betrachten. Halley's Formel umfaßt alle Fälle, sobald man die Dicke der Gläser vernachlässigt und nur diejenigen Strahlen betrachtet, die einen kleinen Winkel mit der optischen Axe machen, was auch für die Betrachtung der Fernröhre meistens genügt. Seine Formel kommt im Wesentlichen mit der in Biot III, 250 überein:

$$\frac{1}{\delta} + \frac{1}{\delta'} = (n-1) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right)$$

wo δ und δ' die Objekt- und Bildweite, r und r' die Halbmesser der beiden Linsenflächen, und n den Brechungs-exponenten bezeichnen.

Ferner verdankt man Halley auch die ganz artige Beobachtung, daß das Meerwasser, während es ein grünes Licht reflektirt, ein komplementäres rothes durchläßt. Er machte diese Beobachtung im J. 1716, als er sich mit einer Taucherglocke bis zu einer beträchtlichen Tiefe ins Meer hinabließ, und daselbst seine Hände ganz roth erscheinen sah. Halley verband mit diesem Unternehmen die Absicht, die Kunst unter Wasser zu leben zu vervollkommen. Dazu gab er nicht nur der Taucherglocke eine verbesserte Einrichtung, sondern ersann auch ein Verfahren sie mit frischer Luft zu versehen. Im J. 1721 kam er nochmals auf den Gegenstand zurück, und beschrieb eine Taucherkappe, eine Vorrichtung, die in roher Gestalt zwar schon sehr alt ist, die man aber seitdem sehr verbessert hat, und gegenwärtig in vielen Fällen der Taucherglocke vorzieht, wenn es sich darum handelt Dinge vom Meeresgrunde herauf zu schaffen ¹⁾.

¹⁾ Philosoph. Transactions 1716, 1721.

Halley's Arbeiten im Gebiet der Wärmelehre habe ich bereits erwähnt (§. 221). Umfassender und bleibender sind seine Verdienste in den verschiedenen Zweigen der physikalischen Geographie, deren einige er beträchtlich erweitert hat. Dies gilt namentlich vom Erdmagnetismus. Die erste hierher gehörige Abhandlung von ihm erschien in den Phil. Transact. von 1683. Er giebt darin zunächst eine für die damalige Zeit ganz vollständige numerische Tafel über die magnetische Deklination an verschiedenen Punkten beider Hemisphären, und sucht dann die Erscheinungen durch eine Theorie zu verknüpfen. Er kommt zu dem Schluß, daß die Erde vier Magnetpole besitzen müsse, zwei in der Nähe eines jeden geographischen Pols.

Diese Theorie ist insofern bemerkenswerth, als sie vor mehreren Decennien durch den Professor Hansteen in seinen *Untersuchungen über den Magnetismus der Erde, Christiania 1819* wiederum aufgefrischt worden ist, und eine geraume Zeit in Ansehn gestanden hat, bis sie denn später als unhaltbar aufgegeben wurde.

In einer zweiten Abhandlung, die Halley in den Phil. Transact. für 1692 veröffentlichte, beschäftigte er sich mit der Ursache der Veränderung der Deklination. Diese Abhandlung ist gleichsam eine Fortsetzung der ersten. Die Annahme von vier Magnetpolen für die Erde, die er einerseits für nothwendig hielt, um die Verschiedenheit der magnetischen Deklination auf der Erdoberfläche zu erklären, schien ihm doch andererseits in Widerspruch zu stehen mit der Thatsache, daß kein Magnetstab mehr als zwei Pole habe. Halley suchte diesen Widerspruch zu lösen und glaubte es gethan zu haben, wenn er annahme, daß in der Erde eine Kugel enthalten sei, getrennt durch eine Flüssigkeit von der äußeren Kruste, und begabt mit einer gewissen Bewegung; daß dann sowohl die eingeschlossene Kugel als die umhüllende Kruste jede zwei Pole habe.

In dieser allerdings ziemlich willkürlichen Hypothese, nach welcher also die Erde zwei feste und zwei beweg-

liche Magnetpole haben würde, sah sich Halley dadurch bestärkt, daß Newton die Dichtigkeit des Mondes in dem Verhältniß 9 : 5 größer als die der Erde gefunden hatte. Dies Resultat, welches die neueren Beobachtungen übrigens keineswegs bestätigt haben, da sie die Dichtigkeit des Mondes nur $= 0,8$ von derjenigen der Erde ergeben, schien Halley nicht anders erklärlich, als durch Annahme einer absolut oder relativ hohlen Sphäre, von der er auch glaubte, ihr Inneres könne ebenso gut bewohnbar sein als ihr Aeußeres; also eine förmliche Unterwelt!

Bemerkenswerth ist, daß auch diese Theorie in neuerer Zeit wieder hervorgeholt ist, und noch dazu ohne einmal Halley dabei zu nennen. Es geschah im J. 1819 durch den längst verstorbenen Steinhäuser, Professor der Mathematik in Halle. Dieser in mancher Beziehung originelle Mann nahm zur Erklärung der Veränderung der magnetischen Deklination einen förmlichen Planeten im Innern der Erde an, und berechnete für denselben eine Umlaufszeit von 440 Jahren.

Die eben genannten beiden Abhandlungen schrieb Halley vor den Reisen, welche die nähere Erforschung der magnetischen Deklination im Atlantischen Ocean zum Zweck hatten. Nach Vollendung dieser Reisen hatte er die glückliche Idee, die Resultate seiner und Anderer Beobachtungen graphisch darzustellen, nämlich diejenigen Punkte der Erdoberfläche, an denen die magnetische Deklination gleich ist, durch Linien mit einander zu verbinden. So entstand denn die im J. 1701 von ihm veröffentlichte Deklinationkarte, die erste ihrer Art, die allen späteren als Vorbild gedient hat, und noch jetzt von großem Werth ist, indem sie uns verglichen mit heutigen Karten veranschaulicht, wie sich seit jener Zeit die Linien gleicher Abweichung, die isogonischen Linien, verschoben haben.

294. Um dieselbe Zeit fing man auch an die magnetische Inklination mehr zu beachten, wie denn u. A. ein gewisser Cunningham im J. 1700 eine ziemliche Reihe solcher Beobachtungen auf einer Reise von England nach

China anstellte¹⁾, aber man kam noch nicht auf den Gedanken auch diese Inklinationen graphisch darzustellen. Erst Joh. Karl Wilcke (geb. 1732 zu Wismar, gest. 1796 zu Stockholm) veröffentlichte 1768 in den schwedischen Abhandlungen die erste Neigungskarte.

Dagegen erfuhr die Kenntniß des Erdmagnetismus in anderer Weise zu Halley's Lebzeiten eine Erweiterung, deren Erwähnung ich hier für um so passlicher halte, als sie von einem Manne ausging, der auch sonst in mehrfacher Beziehung zu Halley stand. Es war dies die Entdeckung der täglichen Variation der magnetischen Deklination durch Graham, über den ich zuvörderst eine kurze biographische Notiz voranschicken will.

George Graham war geboren 1675 zu Horsgills bei Kirklington, Cumberland. Er war von niederem Stande, und kam 1688 nach London zu einem Uhrmacher in die Lehre. Hier entwickelte er so viele mechanische Talente, daß Tompion, damals der berühmteste Uhrmacher Londons, derselbe, welcher wie früher erwähnt im J. 1675 die erste Taschenuhr in England mit Hooke'scher Spiralfeder anfertigte (§ 237), ein ganz besonderes Interesse für ihn faßte, ihn in sein Haus aufnahm und wie seinen Sohn behandelte. Graham verfertigte für das Observatorium zu Greenwich unter Halley eine bedeutende Anzahl für die Zeit vortrefflicher Instrumente, namentlich einen großen Mauerquadranten, den er mit eigener Hand theilte; so auch den großen Sektor, mit welchem Bradley die Aberration der Fixsterne entdeckte, und einen Theil der Meßinstrumente, namentlich Uhren, welche die Franzosen zu ihrer Gradmessung in Lappland anwandten.

Er verfertigte auch für den Lord Orrery ein Planetarium, welches so viel Beifall erhielt, daß es seitdem Sitte unter den englischen Großen wurde ihre Bibliotheken mit solchen Kunstwerken zu zieren, und oft an 1000 Lstrl. dafür zu zahlen. Solche Planetarien werden seit jener Zeit

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 539.

Orreries genannt, und war es Desaguliers, der diesen Namen zuerst gebrauchte ¹⁾. Das Graham'sche Planetarium ist indess nicht das älteste. Ein freilich viel unvollkommneres verfertigte sich mit eigener Hand der durch seine Liebe zur Astronomie so rühmlich bekannte Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel als Prinz, ehe er zur Regierung kam (geb. 1532, reg. 1567—1592). Veranlassung dazu hatte ihm das 1540 erschienene *Astronomicum caesareum* von Peter Apian gegeben, wo dieser zur Zeit so berühmte Hofmathematiker des Kaisers Karl V. die Bahnen der Planeten durch bewegliche Pappkreise vorgestellt hatte.

Mit seiner Handgeschicklichkeit und seinem mechanischen Talent verband Graham auch Kenntnisse in der Physik und Astronomie, und so dürfen wir uns denn auch nicht wundern, den Uhrmacher und Mechaniker zum Mitglied der königl. Gesellschaft ernannt zu sehen. Er hat die Phil. Transact. mit verschiedenen sehr werthvollen Aufsätzen bereichert. Er starb im hohen Alter 1751 zu London, und wurde in der Westminster-Abtei bestattet auf den ausdrücklichen Wunsch von Tompion in einem Grabe mit demselben.

Was die tägliche Veränderung der magnetischen Deklination betrifft, so entdeckte sie Graham im J. 1722, als er eine 12 Zoll lange Magnetnadel, die auf einem Hütchen schwebte und mit einem Limbus versehen war, der ihre Lage bis auf 2 Minuten festzustellen erlaubte, längere Zeit beobachtete. Dabei fand er die Lage der Nadel innerhalb einer gewissen Gränze nicht nur von Tag zu Tag, sondern auch von Stunde zu Stunde eines und desselben Tages verschieden. Er setzte die Beobachtungen längere Zeit fort, und machte mehr als 1000 derselben, konnte jedoch in den Bewegungen der Nadel keine Gesetzmäßigkeit entdecken. Die einzige Regel, die er aufzufinden vermochte, bestand darin, daß die Deklination, d. h. die westliche des Nord-Endes der Nadel zwischen 12 bis 4 Uhr

¹⁾ v. Zach, Monatl. Korrespond. VII, 93.

Nachmittags am grössesten, und zwischen 6 und 7 Uhr Abends am kleinsten sei.

Es müssen besondere Umstände bei Graham's Beobachtungen mitgewirkt haben, vielleicht versteckte Eisenmassen in seinem Wohnhause, denn die Stunden sind unrichtig; das Minimum fällt etwa auf 9 Uhr Vormittags, und das Maximum auf ungefähr 3 Uhr Nachmittags. Insofern muß man sagen, daß Graham das Phänomen nur halb entdeckt habe, wie es andererseits gewiß ist, daß er diese Hälfte zuerst entdeckt hat. Man findet nämlich wohl angegeben, daß der Pater Guy-Tachart schon im J. 1682 dieselbe Entdeckung gemacht habe, als er dem Könige von Siam in der Stadt Louvo die magnetische Deklination zeigen wollte. Allein das ist ein Mißverständnis, denn was dieser beobachtete war nicht eine periodische Veränderung der magnetischen Deklination im Laufe des Tages, sondern eine Verschiedenheit der Deklination von Tag zu Tag ohne Rücksicht auf die Stunden.

Genauer und vollständiger wurden dagegen die täglichen Veränderungen der magnetischen Deklination erforscht durch Anders (Celsius, Prof. in Upsala (wo er 1701 geboren und 1744 gestorben ist), der seine Beobachtungen 1740 in den Denkschriften der Akademie zu Stockholm bekannt machte. Celsius muß wenigstens als der zweite Entdecker des Phänomens betrachtet werden, da er die Stunden des Minimums und Maximums richtig festsetzte.

Graham verfolgte das Phänomen auch bei der Inklination, wozu er sich eigends ein für die Zeit ganz gutes Inklinatorium verfertigte. Er beobachtete dasselbe im J. 1723 längere Zeit hindurch, sowohl in Bezug auf die Lage der Nadel als auf deren Schwingungsdauer, konnte aber weder in der Inklination noch in der Intensität eine periodische Aenderung wahrnehmen, obwohl sich unregelmäßige Verschiedenheiten herausstellten. Diese Beobachtungen, sowie die über die täglichen Veränderungen der Deklination veröffentlichte er in den Phil. Transact. für 1724.

295. Um hier **Graham's** Verdienste sogleich zusammen zu fassen, bleibt nur noch von denen zu sprechen, durch welche er in der Geschichte der Kunst der Zeitmessung Epoche macht, ich meine seine Bemühungen um die Vervollkommnung des Uhrpendels.

Huyghens hatte, als er das Pendel mit der Uhr verband, nur an die Beseitigung einer möglichen Unregelmäßigkeit seines Ganges gedacht, derjenigen nämlich, welche aus einer Ungleichheit der kreisförmigen Schwingungsbogen entsteht. Er beseitigte sie, indem er das Pendel mittelst seiner cykloidalen Bleche zwang, eine Cykloide zu beschreiben, bei welcher große und kleine Bogen in gleicher Zeit durchschwungen werden. Vollständiger und praktischer entfernte jenen Uebelstand der londoner Uhrmacher **William Clement** im J. 1680 durch die Erfindung des englischen Hakens oder der Anker-Hemmung, welche jede Ungleichheit der Schwingungsweiten verhinderte, und somit erlaubte bei kreisförmigen Schwingungsbogen stehen zu bleiben (§ 253).

Als indess die Astronomen anfangen sich der Pendeluhren bei ihren Beobachtungen zu bedienen, bemerkten sie, daß die Uhren dennoch einen unregelmäßigen Gang zeigten, namentlich im Winter schneller gingen als im Sommer. Man kam bald zur Einsicht, daß dies nur Wirkung der Temperatur sein könne, die bei Erhöhung das Pendel verlängert, und bei Erniedrigung verkürzt. Wie aber dem Uebelstande abzuhelpen sei, das wußte keiner anzugeben, obwohl ganz gescheute Männer wie **Picard**, **de la Hire** u. A. denselben zu ihrem Nachtheile kennen gelernt hatten. Da nun begann **Graham** ums J. 1715 sich mit diesem Gegenstand zu beschäftigen.

Graham fiel zunächst auf den Gedanken, ob nicht in der ungleichen Ausdehnung der Metalle eine Abhülfe des Uebels zu finden sei. Er untersuchte demnach die Ausdehnung einiger derselben wie Messing, Stahl, Eisen, Kupfer, Silber u. s. w., kam aber zu dem Resultat, daß die Unterschiede ihrer Ausdehnung innerhalb der gewöhn-

lichen Temperaturen viel zu gering seien, als daß man daraus einen Nutzen ziehen könne. So liefs er die Sache wieder liegen bis zum J. 1721, wo er auf die Herstellung einer Libelle mit Quecksilber gerieth, und dabei dieses Metall zwar als untauglich für diesen Zweck erkannte, zugleich aber die grofse Ausdehnung des Quecksilbers kennen lernte. Dies brachte ihn darauf eine Art Quecksilberthermometer mit dem Pendel zu verbinden. Er schlofs, wenn die Temperatur steigt und das Pendel sich verlängert, so dehnt sich das Quecksilber aus; dadurch wird der Schwerpunkt desselben gehoben, während der Schwerpunkt des Pendels sinkt. Bei einem richtigen Verhältnifs der Massen beider mufs man eine Compensation erreichen, so daß der Schwerpunkt des ganzen Systems oder vielmehr das Oscillationscentrum desselben unverrückt bleibt.

Graham führte diesen Gedanken sogleich aus, und da er ihn bewährt fand, so konstruirte er im J. 1722 eine Uhr mit solchem Kompensationspendel aufs sorgfältigste, und beobachtete sie 3 Jahre lang sehr genau bei Meridian-Durchgängen von Fixsternen. Während dieser ganzen Zeit zeigte die Uhr einen bewundernswürdig regelmäfsigen Gang, und dies ermuthigte denn Graham seine wichtige Erfindung in den Phil. Transact. für 1726 bekannt zu machen. Späterhin erhielt das Gefäfs mehr die Form eines Thermometers¹⁾.

296. Unterdeß war ein anderes mechanisches Talent auf dieselbe Bahn gerathen, und drohte Graham's Verdienste zu beeinträchtigen. John Harrison geb. 1693, der Sohn eines Zimmermanns zu Foulby in Yorkshire, welcher aus dem Repariren von Uhren ein Geschäft machte, hatte sich durch das Studium von Saunderson's physikalischen Vorlesungen, die er sich von dem Ortspfarrer geliehen und des Nachts hindurch mit allen Figuren kopirt hatte, so weit herausgebildet, daß er die Unvollkommenheiten der damaligen Pendeluhren einsah, und mit Hülfe einer Dreh-

¹⁾ Nicholson, Journ. 1797, I, 56.

bank bereits im J. 1725 eine Uhr darstellte, welche einen außerordentlich regelmäßigen Gang besaß.

Das Räderwerk war größtentheils von Holz, aber das Pendel war mit einer Kompensation versehen, die ihren Zweck ebenso vollständig erfüllte wie die Graham'sche, obwohl sie ganz davon verschieden war. Das Pendel bestand aus 9 Stangen nebeneinander, abwechselnd Messing und Eisen, die so miteinander verbunden waren, daß die Verlängerungen oder Verkürzungen, die sie in Folge von Temperatur-Änderungen erlitten, einander aufheben oder kompensiren mußten. Fig. 37 versinnlicht die Anordnung

Fig. 37.



der Stäbe, und sind die beiderlei Metalle durch ausgezogene und punktirte Linien unterschieden. Wegen ihrer Aehnlichkeit mit einem Rost, hat man diese Vorrichtung mit dem Namen der rostförmigen Kompensation oder des Rostpendels, Gridiron pendulum, belegt.

Im J. 1726 hatte Harrison bereits zwei solcher Uhren dargestellt, bei welchen er das Pendel, ohne etwas von Huyghens' Arbeiten zu kennen, oben zwischen cykloidischen Blechen schwingen liefs, dasselbe auch an der Mauer des Hauses unverbunden mit dem Uhrwerk aufhing, weil auch er bemerkt hatte, daß die Festigkeit des Aufhängepunktes eine wesentliche Bedingung zur Regelmäßigkeit des Pendelganges sei.

Harrison kam im J. 1728 nach London, wo man bis dahin noch nichts von ihm wußte. Er machte hier die Bekanntschaft von Halley, und dieser empfahl ihn an Graham, der ihn wohlwollend aufnahm und in der Ausführung seiner Pläne behülflich war. Harrison's Erfindung fand viel Beifall und Nachahmung, obwohl es scheint, daß sie nicht Jedermann bekannt geworden ist, denn noch im J. 1741 überreichte Cassini der pariser Akademie, und sogar 1752 John Ellicott der londoner Gesellschaft die Beschreibung einer Pendelkompensation, die ganz mit der Harrison'schen identisch ist. In späteren Jahren, etwa von 1737 an, machte selbst

Graham Uhren mit solchen rostförmigen Pendeln, und trug so dazu bei seine Quecksilber-Kompensation in Vergessenheit zu bringen, obwohl diese keineswegs schlechter ist, vielmehr in neuester Zeit von mehreren Astronomen für vorzüglicher gehalten wird als die Rost-Kompensation.

297. Als **Harrison** im J. 1728 nach London kam, hatte er nicht sowohl sein Rostpendel im Auge, als vielmehr die Lösung einer anderen freilich damit verwandten wichtigen Aufgabe, die seit beinahe 200 Jahren die Astronomen und Seefahrer beschäftigt, und damals wenige Jahre zuvor eine neue Anregung erhalten hatte. Es war nämlich das für die Schifffahrt so wichtige Problem, die geographische Länge oder den Meridianunterschied auf dem Meere zu finden. Ich habe schon einiges davon bei Gelegenheit von **Galilei** angeführt (§ 115), und will hier die Geschichte des Gegenstandes noch einmal kurz zusammenstellen.

Zur Lösung des Problems der Meereslänge bieten sich im Allgemeinen drei Hülfsmittel dar:

- 1) die Bewegung der Himmelskörper;
- 2) der Gang einer Uhr;
- 3) die Verschiedenheit der magnetischen Deklination von Ort zu Ort.

Ueber das erste dieser Mittel war bereits § 115 die Rede. Die zweite Idee, die Meereslänge durch eine Uhr zu finden, hatte zuerst ein Holländer **Reinerus Gemma Frisius** geb. 1508 zu Dockum in Friesland und gest. 1555 zu Löwen, wo er als Arzt und Mathematiker in großem Ansehen stand. Er sprach diesen Gedanken aus in dem Werk: *De principiis astronomiae*, Par. 1547. Begreiflicher Weise konnte aber an eine Ausführung desselben nicht gedacht werden, da die Uhren damals noch viel zu unvollkommen waren. Indefs ging die Idee nicht verloren, **Metius**, **Riccioli**, **Varenius**, **Hooke** und **Huyghens**, sogar **Leibnitz** nahmen sie wieder auf.

Huyghens schrieb, nachdem er seine Pendeluhr erfunden, eigends eine Anleitung: *Brevis institutio de usu*

*horologiorum ad inveniendas longitudes*¹⁾), und veranlaßte einen schottischen Schiffskapitän Holmes zwei solcher Uhren auf einer Reise nach St. Thomas an der afrikanischen Küste mitzunehmen. Nach dem Bericht, der in den Philos. Transact. für 1665 über den Erfolg dieser Reise gegeben ist, leisteten die Uhren auch wirklich gute Dienste, wenigstens bessere als die rohen Schiffsrechnungen nach dem Log, allein es leuchtet ein, daß eine Pendeluhr auf einem schwankenden Schiff nicht lange richtig gehen kann, und das muß man auch wohl erfahren haben, denn so vielen Beifall diese Uhren zu Lande fanden, so schnell wurden sie auf dem Meere vergessen.

Noch mehr ward von diesem Schicksal der dritte Vorschlag betroffen, der wie es scheint zuerst von dem Engländer Burroughs im J. 1580 ausging, von Porta 1589 wiederholt wurde, und selbst später noch Anhänger fand, wie z. B. Halley. Es scheint auch, daß man niemals recht ernstlich die Anwendung der magnetischen Deklinationen dem Versuch unterworfen hat.

So war denn das Problem der Meereslänge zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts noch ein gänzlich ungelöstes, wiewohl es an Aufforderungen sich mit demselben zu beschäftigen nicht gefehlt hatte. König Philipp III. hatte im J. 1600 auf die Lösung desselben einen Preis von 120 000 Piaster ausgesetzt, und späterhin versprachen die General-Staaten von Holland 30 000 Gulden. Indefs erweiterte sich von Jahr zu Jahr die Ausdehnung der transatlantischen Schifffahrt, und damit wuchs auch das Bedürfnis den Ocean mit Sicherheit durchschneiden zu können. Hierdurch ward denn nun im J. 1714 das englische Parlament veranlaßt einen Ausschuß nieder zu setzen, der diese Lebensfrage der Schifffahrt in gründliche Erwägung ziehen sollte.

Newton, Whiston, Clarke u. A. waren Mitglieder dieses Ausschusses. Newton arbeitete eine ausführliche

¹⁾ Holländisch abgefaßt 1657; auch Phil. Transact. 1669.

Denkschrift aus, worin er die verschiedenen Methoden zur Auffindung der Meereslänge und deren Schwierigkeiten gründlich auseinander setzte. Er sprach sich auch über den Gebrauch der Uhren aus, meinte indessen, daß die Veränderung der Hitze und Kälte, der Feuchtigkeit und Trockenheit, sowie der Veränderungen der Schwerkraft in verschiedenen Regionen zu große Schwierigkeiten darböten, als daß man sie vorerst überwinden würde. Diese Ansicht scheint übrigens damals sehr verbreitet gewesen zu sein, denn noch im J. 1758 bezweifelte ein ausgezeichnetes Mitglied der Akademie zu Stockholm Peter Wargentin, daß man je dahin kommen werde die Länge zur See mittelst Uhren genau zu bestimmen, da man eben Pendeluhren nicht gebrauchen könne.

Indeß hielt es die Kommission für gut den Erfindungsgeist der Nation durch Aussetzung eines angemessenen Preises aufzumuntern, und so versprach denn das Parlament 10000 Lstrl. auf die Bestimmung der Meereslänge bis zu 1°; 15000 Lstrl. bis auf 40' und 20000 Lstrl. bis zur Genauigkeit von 30'. Durch einen späteren Akt wurden diese Preise noch näher festgestellt, und namentlich dem Verfertiger einer Uhr respektive 5000, 7500 und 10000 Lstrl. versprochen, wenn sie nach sechsmonatlicher Reise die Länge bis auf 1°, 40', 30' genau angebe; auch wurde eine Summe von 2000 Lstrl. zu Versuchen ausgesetzt.

Trotz der Ansehnlichkeit dieser Belohnungen fand sich doch viele Jahre lang kein Bewerber um sie. Erst im J. 1724 trat ein solcher auf, und nicht einmal in England. Es war nämlich der Uhrmacher Henry Sully, zwar ein Engländer von Geburt, aber in Frankreich ansässig. Er reichte dem Könige eine Schrift ein: *Description abrégée d'une horloge de nouvelle invention pour l'usage de la navigation*, 1724, und zeigte auch die Uhr in der pariser Akademie vor. Diese stattete einen günstigen Bericht über die Uhr ab; sie wurde dann bei mehreren Versuchen auf der Garonne bei Bordeaux ganz brauchbar befunden, als sie aber bei einer Seefahrt geprüft werden sollte, traten

allerlei Intriguen und Mißhelligkeiten dazwischen, unter denen Sully 1728 starb, ohne daß der Versuch ausgeführt worden wäre.

In diesem Jahr kam nun Harrison nach London. Aufgemuntert durch die hohen Preise des Parlaments hatte er darüber nachgedacht eine tragbare Uhr zu verfertigen, die den Anforderungen genüge, und glaubte wirklich auf das bei seinem Rostpendel angewandte Princip gestützt eine solche erfunden zu haben. Er hatte von dieser Uhr, die er Timekeeper (Zeithalter) nannte, eine Zeichnung, und legte diese Halley vor um dessen Urtheil zu hören, und seine Verwendung in Anspruch zu nehmen. Halley adressirte ihn an den in diesen Dingen viel erfahreneren Graham, welcher Harrison rieth seine Erfindung noch weiter zu vervollkommen, ehe er mit derselben hervortrete. Harrison befolgte diesen Rathschlag, und reiste in die Heimath zurück um Hand ans Werk zu legen. Sieben Jahre lang verfolgte er unablässig seinen Plan, bis er denn endlich im J. 1735 eine Uhr zu Stande gebracht hatte, mit der er glaubte sich in London sehen lassen zu können. Er schiffte sich mit ihr in Portsmouth ein, reiste nach Lissabon, und von da nach Portsmouth zurück. Auf beiden Reisen gab sie genau dieselbe Längendifferenz. So etwas war noch nicht erhört gewesen. Halley, Bradley, Graham und andere Sachkenner erstaunten, und stellten mit Freude ein Zeugniß über die Güte der Uhr aus.

Mit diesem Zeugniß versehen wandte sich Harrison an das Board of Longitude, um eine Unterstützung zu beanspruchen, die ihm auch 1737 zu Theil ward. Jetzt liefs er sich in London nieder, und legte sich mit neuem Eifer auf die Vervollkommnung seines Werkzeugs. 1739 hatte er einen zweiten Timekeeper fertig, der schon besser war als der erste; 1749 ging der dritte aus seiner Hand, der wiederum den zweiten übertraf, und von der königlichen Gesellschaft durch Zuertheilung ihrer Copley'schen Medaille belohnt wurde.

Aber noch immer hatte **Harrison** sich selber noch nicht genug gethan. Da legte er denn die Hand noch einmal ans Werk, und stellte 1758 einen vierten Timekeeper her. Jetzt wandte sich **Harrison** an die Kommission und verlangte, daß die vom Parlament festgesetzte Prüfung mit der Uhr vorgenommen werde. In Folge deß machte sein Sohn Wilhelm, begleitet vom Kommissar des Parlaments, im November 1761 von Deptford eine Reise nach Port Royal auf Jamaica und zurück bis zum März 1762. Das Resultat war, daß die Uhr innerhalb 4 Monaten nur $1' 54\frac{1}{4}''$ in Zeit oder $28\frac{1}{2}$ Minute in Bogen abgewichen war.

Dies Resultat war außerordentlich günstig, denn es lag noch unter der Gränze, welche die Parlamentsakte festgestellt hatte; **Harrison** machte daher Anspruch auf den vollen Preis. Man erhob jedoch Zweifel an der richtigen Längenbestimmung, und meinte die Fehler könnten sich wohl auf der Hin- und Herreise von Port Royal kompensirt haben. Deshalb erkannte man ihm nur 2500 Lstrl. als Belohnung zu, bewilligte ihm aber doch nachher 5000 Lstrl., als er sich bereit erklärte die Konstruktion seiner Uhr so bekannt zu machen, daß andere Künstler danach arbeiten könnten.

Nach manchen Verhandlungen machte endlich sein Sohn Wilhelm eine zweite transatlantische Reise im März 1764 nach Barbados zur Prüfung der Uhren, und als auch hierbei der Längenunterschied von Portsmouth und Barbados bis auf 43 Zeitsekunden genau gefunden ward, so zahlte das Parlament im J. 1765 dem unterdeß zum 72jährigen Greis gewordenen **Harrison** die Hälfte des Preises d. h. 10000 Lstr. aus. Außerdem gedachte das Parlament aber auch derer, die während deß die astronomischen Hilfsmittel zur Auffindung der Meereslänge vervollkommen hatten. Es zahlte 3000 Lstrl. an unseren Euler in Berlin für seine Vervollkommnung der Mondtheorie, 3000 Lstrl. an die Erben von **Tobias Mayer** (gest. zu Göttingen 1762) für dessen Mondtafeln, und endlich versprach es 5000 Lstrl.

denen, die in der Folge nützliche Erfindungen für die Schifffahrt machen würden. **Harrison** überlebte seinen Triumph noch geraume Zeit, er starb 1776 im 83. Lebensjahr.

298. Kehren wir nach dieser Diskussion wieder zu **Halley** zurück, um seine fernerweitigen Verdienste im Gebiet der Physik und physikalischen Geographie näher zu betrachten. Da ist es denn zunächst das um die Vervollkommnung der Theorie des barometrischen Höhenmessens, welches wir hervorheben.

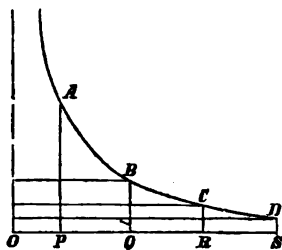
Mariotte hatte den ersten Grund zu dieser Theorie gelegt, indem er in seinem *Essai sur la nature de l'air, Paris 1676* erstlich experimentell bestimmte, wie hoch die Luftschicht sei, welche dicht über dem Erdboden einer Barometer-Differenz von $\frac{1}{12}$ par. Linie entspreche, und dann aus dem nach ihm benannten Gesetz berechnete, wie hoch jede der folgenden Luftschichten sei, welche einer gleichen Barometerdifferenz entspricht (§ 212). Der Weg, den **Mariotte** einschlug, war so unrecht nicht, er hätte nur die Höhe der Luftschichten für noch kleinere Barometerdifferenzen in Betracht ziehen dürfen; allein im weiteren Verfolg dieser Idee blieb er stecken, und kam ganz auf Abwege. Er vermochte nicht die Summe der Höhen aller Luftschichten zwischen den unteren und oberen Stationen anzugeben, und nahm daher für diese Höhen eine arithmetische Reihe an. Bemerkenswerth ist, daß **Mariotte** wohl einsah, man könne die wachsenden Höhen der einzelnen Luftschichten nach der Regel finden, wodurch man die Logarithmen berechne, aber doch nicht weiter an den Gebrauch der Logarithmen dachte.

Neun Jahre später übergab **Halley** der königlichen Gesellschaft eine Abhandlung über das barometrische Höhenmessen, in welcher die von **Mariotte** begonnene Theorie wesentlich vervollkommnet wurde. Er ging dabei von einer geometrischen Betrachtung aus, die näher zu kennen nicht ohne Interesse sein dürfte. Nach dem **Mariotte'schen** (Boyle'schen) Gesetze ist $v : v' = p' : p$, unter v, v' Volumina, p, p'

Drucke verstanden; aber so verhalten sich auch die Koordinaten einer Hyperbel, wenn wir sie auf die Asymptoten beziehen, in Fig. 38 also:

$$OP : OQ = QB : PA.$$

Fig. 38.



Wenn also $OP : OQ : OR \dots$ die Drucke oder Barometerstände vorstellen, so sind $PA, QB, RC \dots$ die entsprechenden Volumina derselben Luftmasse, oder was hier das nämliche ist, die Höhen derselben Luftschicht. Dann schließt er weiter: die Gesamthöhe aller Luftschichten zwischen zwei Stationen, denen z. B. der Barometerstand OS und OR zukommt, ist offenbar gleich der Summe aller Ordinaten zwischen SD und RC , d. h. gleich dem Flächenraum $RCDS$. Allein in der gleichseitigen Hyperbel verhalten sich die Flächenräume:

$$RCDS : QBCR = \log \frac{OS}{OR} : \log \frac{OR}{OQ}.$$

Folglich, sagt er, da die Flächenräume die Höhen H und die Abscissen die Barometerstände B, b vorstellen, so ist:

$$H = A \log \frac{B}{b}.$$

Halley bestimmte dann die Konstante A aus dem specif. Gewicht der Luft zu Wasser $= 1 : 800$, und dem von Wasser zu Quecksilber $= 1 : 13,5$, wonach das der Luft zu Quecksilber $= 1 : 10800$, und folglich ein Luftcylinder von 10800 Zoll oder 900 Fuß einer Quecksilbersäule von 1 Zoll das Gleichgewicht halten muß.

Das ist denn die noch heute gültige Barometerformel in ihrer einfachsten Gestalt; sie hat in derselben allerdings noch ihre Mängel, betrachtet z. B. noch nicht den Einfluß der Temperatur, aber in der Hauptsache ist sie richtig. Um so mehr muß man sich wundern, daß sie anfangs so wenig Beachtung fand, und noch geraume Zeit nach

ihr andere offenbar falsche Regeln für das barometrische Höhenmessen aufgestellt wurden. So behauptete **Maraldi** in den *Mém. de Paris* von 1703, die Höhen der Luftschichten, die vom Meere an gerechnet einer barometrischen Differenz von einer Linie entsprechen, betrügen folgendermaßen 61, 62, 63, 64 .. Fuß. Und eine ähnliche Regel stellte der Pater **Fouillée** auf; ja noch im J. 1733 folgte **Jacq. Cassini** aus einigen Beobachtungen, die er in den Pyrenäen gemacht, daß sich die Dichte der Luft wie das Quadrat des Drucks verhalte¹⁾. Selbst der große **Daniel Bernoulli** gab in seiner Hydrodynamik von 1738 eine nicht minder unrichtige Formel. Erst **Bouguer** brachte im J. 1749 **Halley** zu Ehren, obwohl er ihn nicht nennt, als er sich zur Berechnung seiner in Peru gemachten Höhenmessungen der logarithmischen Formel bediente, nur mit einer kleinen Veränderung der Konstanten. — **Pierre Bouguer**, geb. 1698 zu Croisic in der Bretagne, gest. 1758 zu Paris, war Professor der Hydrographie und Mitglied der pariser Akademie.

299. In derselben Abhandlung, worin **Halley** seine Barometerformel auseinander setzt, in den *Philos. Transact.* für 1686, beschäftigt sich derselbe auch mit der Ursache der Barometerveränderungen, einem Gegenstand, der von der Zeit an, da man ihn kennen lernte, zu so vielen zum Theil ganz absurden Hypothesen Anlaß gegeben hat. So glaubte **Martin Lister**, ein sonst ganz achtbarer Mann, einer der ältesten Petrefaktologen (geb. 1638 zu Radcliff in Buckinghamshire und gest. 1712 als Leibarzt der Königin Anna), daß die Barometer-Veränderungen lediglich im Quecksilber selbst zu suchen seien, welches sich beim Fallen zusammenziehe und Luft ins Vakuum entweichen lasse, beim Steigen aber dieselbe wiederum absorbire.

Noch kühner war der zu seiner Zeit so berühmte Geologe **Woodward**, geb. 1665 in Derbyshire und gest. 1728 als Arzt und Professor in Cambridge. In seinem

¹⁾ *Mém. de Paris* 1733.

Essay towards a natural philosophy of the earth, London 1695 nimmt er an, daß die Erde im Innern mit einer ungeheuren Masse Wasser angefüllt sei, und daß die aus dieser Wasserkugel durch Oeffnungen zeitweise sich erhebenden Wasserdünste den Druck der Luft abwechselnd vermehrten oder verminderten, und somit die Barometer-Veränderungen hervorbrächten. Die hypothetische Wasserkugel spielt überhaupt in der Geologie von Woodward eine große Rolle. Sie war nach ihm ursprünglich von einer starken festen Kruste eingeschlossen, aber der Wille der Allmacht wollte, daß diese Kruste eines Tages einbrach; das Wasser drang plötzlich hervor, und somit war denn die Sündfluth da!

Nicht viel besser war die Hypothese, welche de la Hire in den Mém. de Paris von 1705 entwickelte. Sie stützte sich auf die ganz ungereimte Voraussetzung, daß die Atmosphäre ein nach den Polen verlängertes Sphäroid bilde, und daß demgemäß die Nordwinde den Druck der Luft vermehren, die Südwinde denselben vermindern müßten.

Vernünftiger, aber freilich auch noch mit manchen Hypothesen und Irrthümern untermischt, waren schon die Vorstellungen, welche Mariotte in seinem *Essai sur la nature de l'air*, Paris 1676 aussprach, denen zufolge die Nord- und Nordostwinde das Barometer heben, nicht allein weil sie die Luft verdichten und schwerer machen, sondern auch, weil sie von oben nach unten wehen, und so umgekehrt die Süd- und Südwestwinde ¹⁾. Aehnlich waren die Vorstellungen von Halley, der den Winden auch den hauptsächlichsten Antheil an den Barometer-Veränderungen zuschrieb. In den Einzelheiten kommt freilich manches Willkürliche und Problematische vor, was einer näheren Begründung bedürfte ²⁾. So behauptet u. A. Halley, daß der senkrechte Druck der Atmosphäre durch die horizontale Bewegung des Windes eine Verminderung erleide.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 428.

²⁾ Ibid. II, 433.

Vielleicht war es diese Behauptung, welche **Hawksbee**, den Experimentator der königl. Gesellschaft, veranlafte, einen jedenfalls sehr lehrreichen Versuch anzustellen, welcher in dessen *Physico-mechanical experiments, London 1709* beschrieben ist. Bei demselben wird die Luft in einer 16 Quart fassenden Kugel bis zum Drei- oder Vierfachen komprimirt, und dann durch eine seitliche Oeffnung im Gefäße eines Barometers über die Quecksilberfläche geleitet.

Das Quecksilber sank im Barometer um 2 Zoll, und **Hawksbee** glaubte durch dieses Experiment das Fallen des Barometers bei Stürmen erklären zu können. Abgesehen von dieser Erklärung, die wir dahin gestellt sein lassen wollen, ist der Versuch wohl beachtenswerth und veranschaulicht auf eine lehrreiche Weise die Verminderung des Seitendrucks, die bei Bewegung von Flüssigkeiten in Röhren stattfindet. Bei inkompressiblen Flüssigkeiten untersuchte **Dan. Bernoulli** diese Erscheinungen im J. 1726 ¹⁾, und genauer in seiner berühmten Hydrodynamik von 1738; bei kompressiblen, gasförmigen Flüssigkeiten hat man sie erst in neuerer Zeit mehr beachtet ²⁾.

Durch die Untersuchungen von **Mariotte** und **Halley** wurde die Frage über die Barometer-Veränderungen keineswegs beigelegt, vielmehr gab sie in jener Zeit noch zu mancher Diskussion Veranlassung, in welche wir selbst **Leibnitz's** Namen mit verflochten sehen. Ein Streit zwischen den Aerzten **Ramazzini** (geb. 1633 zu Carpi in Modena, gest. 1714 zu Padua) und **Schelhammer** (geb. 1649 zu Jena, gest. 1716 in Kiel), geführt in den Jahren 1696 bis 98, veranlafte **Leibnitz**, sich dahin auszusprechen, daß er die Dünste als Körper betrachte, welche das Gewicht der Atmosphäre nur so lange vermehrten, als sie von dieser getragen würden, daß diese Vermehrung aber sogleich aufhöre, sobald die Dünste herabfielen. Um diese Ansicht,

¹⁾ Theoria nova de motu aquarum per canales fluentium, Petersb. Mém. II.

²⁾ P. Ewart, Erscheinungen beim plötzlichen Ausströmen elastischer Flüssigkeiten, Poggend. Ann. XV, 309.

die das Fallen des Barometers bei Regenwetter erklären würde, zu erläutern schlug er folgenden Versuch vor: Er hing an eine Wage eine etwas lange mit Wasser gefüllte Röhre, legte auf das Wasser eine hohle anfangs verschlossene Metallkugel und stellte das Gleichgewicht her. Hierauf öffnete er die Kugel, ließ das Wasser in dieselbe eindringen, und brachte dadurch die bis dahin schwimmende Kugel zum Sinken. Als hierbei nun das Gegengewicht in der Schale einen Ausschlag gab und die Röhre mit ihrem Inhalt sich leichter geworden zeigte, so ward hierin ein Beweis für die Richtigkeit des angeführten Satzes gefunden¹⁾.

Der Versuch wurde mehrfach wiederholt und bestätigt gefunden, namentlich in Paris von dem berühmten Réaumur, aber man sah ihn doch keineswegs als eine genügende Erklärung der Barometer-Veränderungen an, wie dies daraus erhellt, daß noch im J. 1715 die Akademie zu Bordeaux deshalb einen Preis aussetzte. Mairan gewann denselben; er leitete die Ursache jener Veränderungen von den Winden und namentlich ihrer Geschwindigkeit her. Seine Abhandlung bot indels gar manche Blößen dar, welche auch zu Rügen besonders durch Hartsoecker 1722 Anlaß gaben.

300. Auch die regelmäßigen Winde, die in den tropischen Regionen herrschen, und unter dem Namen Passate und Monsoons bekannt sind, waren Gegenstand des Nachdenkens von Halley. Er schrieb darüber eine Abhandlung in den Philos. Transact. für 1686, die ihm einen gewissen Ruf gebracht hat, aber sehr mit Unrecht, denn die von ihm aufgestellte Theorie der Passate ist ganz unhaltbar.

Die Passate, jene immerwährenden Ostwinde, die auf beiden Seiten des Aequators innerhalb der Tropen wehen, erklärte er, indem er annahm, daß die Sonne immer die Luft an demjenigen Ort am stärksten erwärme, in dessen Scheitel sie steht; daß die erwärmte Luft aufsteigt, oben

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 437

nach allen Seiten abfließt und unten von allen Seiten ersetzt wird, jedoch, da die Sonne von Osten nach Westen fortschreitet, von Osten her in viel bedeutenderem Maße, als von den übrigen Seiten, namentlich von Westen. Die Unzulänglichkeit dieser Theorie geht schon daraus hervor, daß sie einen der merkwürdigsten Umstände des Passatwindes, nämlich die Abwesenheit desselben unter dem Aequator selbst, unerklärt läßt.

Viel genügender ist jene Theorie der Passate, welche **Georg Hadley** aufstellte, nicht zu verwechseln mit **John Hadley**, der den Spiegelsextanten erfand, und das erste größere Spiegelteleskop herstellte. **G. Hadley** entwickelte die Theorie in den Philos. Transact. von 1735, also noch zu **Halley's** Lebzeiten. Diese Theorie hat das mit der **Halley'schen** gemein, daß auch sie die Erwärmung der über dem Aequator befindlichen Luft durch die Sonnenwärme als erste Ursache der Passate ansieht, aber in dem Weiteren weicht sie wesentlich von ihr ab. **Hadley** läßt die erwärmte Luft aufsteigen und nur von beiden Seiten her durch kältere Luft ersetzen. Diese kältere, aus Norden und Süden herbeiströmende Luft kommt aber aus Gegenden, wo die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, absolut genommen, kleiner ist als unter dem Aequator; sie muß also hinter der Geschwindigkeit, welche die Erde unter dem Aequator von West nach Ost besitzt, zurückbleiben, und so entsteht ein immerwährender Ostwind, der genau genommen nur ein scheinbarer ist, indem die Gegenstände auf der Erde schneller von West nach Ost gehen als die Luft. Daß unter dem Aequator selbst kein Passat vorhanden ist, erklärt sich durch ein Aufstauen der von beiden Seiten heranströmenden Luft.

Diese sinnreiche und bisjetzt als richtig anerkannte Theorie, von der sich eine unklare Andeutung schon bei **Mariotte** in dem *Traité des mouvements des eaux* 1686 findet, ist lange, obwohl sie sogar eine Hauptstütze der allgemeinen Meteorologie bildet, unbeachtet geblieben, und später wegen der Namenähnlichkeit zwischen **Hadley** und

Halley häufig dem letzteren zugeschrieben, der indess gar keinen Antheil an ihr hat. Wenn übrigens Halley auch in der Erklärung der Passate nicht glücklich war, so muß man doch anerkennen, daß er uns sowohl über diese Winde, wie über die im Indischen Meere herrschenden Monsoons (malayisch von Mussin Jahreszeit) die ersten detaillirten und übersichtlichen Nachrichten mitgetheilt hat, auch hat er von diesen Winden eine Karte gegeben ¹⁾.

Die Halley'sche Theorie fand zwar vielen Beifall, erregte aber auch manche Zweifel, die Veranlassung gaben, daß die Akademie der Wissenschaften zu Berlin auf das Jahr 1746 die Preisaufgabe stellte: das Gesetz zu bestimmen, welches der Wind befolgen müsse, wenn die Erde überall mit Wasser bedeckt wäre.

Man sieht die Aufgabe war aus einem rein mathematischen Standpunkt aufgefaßt, und so waren auch die Antworten. Von drei Abhandlungen, die einliefen, erhielt die von d'Alembert den Preis. Sie ist als mathematische Arbeit recht schätzbar, hat aber nichts zur Lösung des Problems beigetragen. Die Herleitung des Passats von der Erwärmung der Luft verwirft er gänzlich, und sieht die Ursache dieses Windes allein in der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre. Es ist übrigens merkwürdig, daß sowohl d'Alembert wie die ungenannten Verfasser der beiden anderen Abhandlungen, die das Accessit erhielten und auch gedruckt wurden, nur von Halley sprechen, und Hadley's auch nicht mit einer Sylbe gedenken; offenbar haben sie seine Theorie gar nicht gekannt.

301. Ich kann das Kapitel von dem Winde nicht schließen, ohne nicht auch einiges von den Messungen der Geschwindigkeit oder Stärke desselben zu sagen, die ihren Anfang gegen Ende des XVII. Jahrhunderts nehmen. Die älteste Angabe über die Geschwindigkeit des Windes ist wohl die, welche Mariotte in seinem *Traité du mouve-*

¹⁾ Philos. Transact. 1686; Acta Erudit. 1687, p. 509.

ment des eaux 1686 giebt. Er setzt darin die Geschwindigkeit des heftigsten Windes auf 32 Fuſs in der Sekunde. Da diese Geschwindigkeit aber viel zu gering ist, und er nicht sagt, wie sie gefunden worden, so wäre möglich, daß die Angabe auf einer bloßen Schätzung beruhte.

Das älteste Anemometer ist wohl dasjenige, welches Croune, ein sehr thätiges Mitglied der königl. Gesellsch. im J. 1667 dieser Gesellschaft vorzeigte. Es bestand aus einem cylindrischen Gefäß, am Umfang mit 32 gleichabständigen Schlitzten versehen, so daß der Wind mit concentrischer Kraft auf eine darin eingeschlossene Fahne wirken konnte. Hooke meinte dies Instrument zu verbessern, indem er ihm die Gestalt eines Doppelkegels gab, in der Mitte, wo der Querschnitt am kleinsten ist, 32 Löcher anbrachte, und diese durch Scheidewände trennte, welche gleichsam Trichter für den Wind bildeten. Der einströmende Wind sollte dann auf Pfeifen wirken und Hooke glaubte, wenn das Instrument auf der Spitze eines Thurmes angebracht würde, bei Tag und bei Nacht die Richtung und Stärke des Windes aus der Höhe und Stärke des Tones bestimmen zu können ¹⁾. Offenbar ist dieses akustische Anemometer nur Projekt geblieben.

Zweckmäßiger war das Anemometer, welches ein Ungenannter in den Philos. Transact. für 1667, p. 444 beschrieb ²⁾. Um den Winkelpunkt eines aufrechten und in Grade getheilten Quadranten dreht sich ein leicht beweglicher Stab, dessen Ende eine ebene Fläche trägt, gegen welche der Wind stößt. Bei völliger Windstille hängt dieser Stab mit der Fläche vertikal herab, er hebt sich aber bei entstehendem Winde, welcher horizontal gedacht wird, und aus der Ablenkung läßt sich die Stärke des Windes bestimmen; sie ist proportional dem Sinus der Ablenkung, da die Lage der Fläche sich ändert. Dasselbe Instrument ist 1733 vom Marquis Poleni, und 1744

¹⁾ Edinb. Encyclop.: Anemometer.

²⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 485.

von dem Engländer Pickering beschrieben. Eine Modifikation hiervon ist der Windmesser, welchen Bouguer in seinem *Traité du navire*, Paris 1746 angab, wo der Wind auf eine vertikale Scheibe wirkt, und durch sie eine Feder zusammendrückt.

Auch die windmühlenartigen Anemometer sind eine Erfindung der ersten Decennien des XVIII. Jahrhunderts. Das älteste derselben beschrieb der als Philosoph und Mathematiker zu seiner Zeit so berühmte Freiherr Christian v. Wolf in seinen *Elementa aerometriae*, Lips. 1709, eine Abänderung davon ist das Anemometer des Engländers Martin. Beide haben miteinander gemein, daß die Windmühle ein Gewicht heben muß, das mit immer größerem Moment wirkt, bis die Mühle zum Stillstand kommt. Zu dem Ende ist bei Wolf ¹⁾ die Welle, welche durch vier kleine Windflügel gedreht wird, mit einigen Schraubengängen versehen, welche wie eine Schraube ohne Ende in ein Stirnrad eingreifen und dieses bewegen. In die wagerechte Axe des letzteren ist ein Hebelarm eingesetzt, an dessen Ende sich ein Gewicht befindet, welches bei Windstille lothrecht herabhängt, beim Umlauf der Flügelwelle aber gehoben wird, und ein desto größeres Moment erlangt, je mehr es steigt. Bei Martin hat die Mühle eine konische Axe, um welche sich eine Schnur mit Gewichten schlingt, und nach der Basis hin aufwickelt.

Es giebt wenig Gegenstände in der Physik, zu deren Messung so viele und verschiedenartige Instrumente erfunden worden wären als eben die Windstärke. Die meisten derselben sind indeß ebenso schnell wieder vergessen, als sie erfunden wurden, und haben der Wissenschaft keinen sonderlichen Nutzen gebracht. Die Zahl der brauchbaren Messungen über die Geschwindigkeit des Windes ist sehr gering, und steht gar nicht im Verhältniß zu der Zahl der erfundenen Anemometer. Als die ältesten dieser Messungen müssen die des Engländers Derham ge-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 484.

nannt werden; sie wurden im J. 1705 angestellt und 1708 in den Philos. Transact. bekannt gemacht. Er folgerte aus der Geschwindigkeit, mit welcher der Wind leichte Gegenstände z. B. Daunen fortführt, daß ein Sturm in der Stunde 50—60 engl. Meilen zurücklege, was offenbar zu wenig ist; Rochow beobachtete als Geschwindigkeit eines Orkans 120 engl. Meilen d. i. 24 deutsche¹⁾.

Diesem Derham gebührt auch das Verdienst, daß er zuerst a. a. O. den Einfluß des Windes auf die Schallgeschwindigkeit nachwies, einen Einfluß, den die Akademiker del Cimento noch läugneten, und der allerdings schon feinere Beobachtungsmittel erfordert, als diese besaßen, da die Geschwindigkeit des Schalles gegen die des Windes sehr groß ist.

William Derham war geboren 1657 in Stoughton bei Worcester, und starb 1735 zu Upminster in Essex, wo er von 1689 an eine geistliche Stelle bekleidete. Obwohl er ein eifriger Theologe war, auch viele theologische Schriften verfaßte, so hatte doch auch das Studium der Natur einen großen Reiz für ihn. Die Nähe Upminsters an London gab ihm Gelegenheit mit den Physikern der Royal Society bekannt zu werden, und sich ihnen bald von einer so vortheilhaften Seite zu zeigen, daß sie ihn zum Mitgliede der Gesellschaft erwählten. Er hat die Philos. Transact. mit mehreren schätzbaren Arbeiten bereichert, und außerdem auch mehrere eigene Werke als: *Physico-Theology*, Lond. 1713, *Astro-Theology*, Lond. 1714 u. a. m. herausgegeben.

302. Endlich muß ich, um die Skizze von Halley's mannichfaltiger Thätigkeit zu vollenden, noch erwähnen, daß er auch an anderen meteorologischen Fragen seiner Zeit lebhaften Antheil nahm, so an der über die Entstehung der Quellen, die Natur des Nordlichts und die Herkunft der Feuerkugeln.

¹⁾ The philosophical Transact. abridged V, 392.

Die Frage über die Quellen war zu seiner Zeit in Frankreich Gegenstand mehrfacher Verhandlungen. **Mariotte** erklärte sich für die schon von **Vitruv**¹⁾ zu Augustus' und Tiber's Zeiten ausgesprochene Ansicht, daß die Quellen nur aus Regen und Schneewasser entspringen, und er suchte diese Ansicht dadurch näher zu begründen, daß er einen Vergleich anstellte zwischen dem nach Beobachtungen in Dijon auf das Flußgebiet der Seine niederfallenden Regen, und dem in Paris unter der Brücke Pont royal hinfließenden Wasser (§217). Allein **Perrault**²⁾ und **de la Hire**³⁾ machten dagegen Einwendungen, indem sie aus den von ihnen deshalb angestellten Versuchen den Schluß zogen, daß das Regenwasser in einen mit Pflanzen besetzten Boden nicht tiefer als 2 Fuß eindringe, obwohl schon **Mariotte** diesem bereits von **Seneca** gemachten Einwurf durch die richtige Bemerkung vorgebeugt hatte, daß man bei dieser Frage das rohe Erdreich von dem angebauten unterscheiden müsse, und ersteres viel leichter kleine Kanäle darbiete als das letztere.

Perrault glaubte daher annehmen zu müssen, daß die Quellen der niederen Gegenden aus den Flüssen gespeist würden, diejenigen auf Bergen aber aus der Verdichtung von Wasserdampf entsprängen, welcher im Innern der Berge in Höhlen aufsteige. Eine ähnliche Ansicht hatte schon **Descartes** ausgesprochen. In seinen *Principes philosoph.* Vol. IV vom J. 1644 läßt er Seewasser durch Kanäle in die Erde dringen, dort in großen Höhlen heiß werden, und eine Destillation erleiden, bei welcher die Gipfel der Berge die Helme sind, an denen die Dämpfe sich niederschlagen und durch Oeffnungen als Quellen abfließen.

In anderer Weise wurden **Mariotte's** Ansichten von **Sédileau** angegriffen⁴⁾, indem dieser behauptete, die von

¹⁾ De architectura lib. VIII, cap. 1.

²⁾ Oeuvres diverses II, 787; Fischer, Gesch. d. Phys. II, 583.

³⁾ Mém. de Paris 1703.

⁴⁾ Mém. de Paris 1693.

Mariotte angestellte Rechnung über die Menge des meteorischen Niederschlags, und die durch die Flüsse abgeführte Wassermenge beruhe auf willkürlichen Daten, was allerdings schon wegen der ungefähren Schätzung des Betrags der Verdunstung nicht ganz ungegründet war. Nur eine Insel, fügte **Sédileau** hinzu, könne richtige Data zu einem solchen Vergleiche liefern, und da lasse sich nach einem Ueberschlage zeigen, daß auf England und Schottland kaum halb so viel Regenwasser falle, als zur Unterhaltung der Flüsse nöthig sei.

Um dieselbe Zeit etwa, nämlich in den *Philos. Transact.* für 1692 ¹⁾, sprach **Halley** seine Ansichten über Verdunstung und Entstehung der Quellen aus. Er stimmt zwar in so fern mit **Mariotte** überein, als er die Quellen aus atmosphärischem Wasser entspringen läßt, meint aber doch, es sei das auf das Land fallende Regenwasser nicht hinlänglich, um die Quellen und Flüsse zu speisen. Er nimmt daher an, sie erhielten ihre Hauptnahrung aus dem vom Meere aufsteigenden Dampfe, der von den Winden gegen die Gipfel der Berge geführt, und dort durch die Kälte zu Tropfen verdichtet würde. Er stützte sich dabei einerseits auf Versuche, die er über die Größe der Verdunstung gemacht, und andererseits auf das Vorkommen einer Quelle auf der Spitze von St. Helena. Gegen diese Ansicht machte **Derham** den Einwurf in seiner *Physico-Theologia*, daß die Grafschaft Essex, worin er wohne, sehr reichlich mit Quellen und Bächen versehen sei, obwohl kein Punkt sich höher als 400 Fuß erhebe.

Bemerken will ich hier noch, daß der zuerst von **Sédileau** gemachte Ueberschlag des Verhältnisses zwischen dem niederfallenden Meteorwasser und dem durch Verdunstung und Flüsse abgeführten Wasser für England im J. 1803 von **Dalton** nach etwas genaueren Daten wiederholt worden ist, aber mit einem gerade entgegengesetzten Resultate, denn **Dalton** findet, daß das verdunstende und

¹⁾ *Phil. Transact. abridged* III, 387, 427.

abfließende Wasser genau dem aus der Atmosphäre niedergefallenen gleich sei¹⁾.

Sédileau war Mitglied der pariser Akademie. Von dieser damit beauftragt, machte er von 1688 bis 1696 die ersten regelmäßigen meteorologischen Beobachtungen in Paris und Frankreich. Früher waren von Picard im J. 1666, aber nur von Zeit zu Zeit, dergleichen angestellt, und noch früher von einigen unbekannten Dilettanten in Paris und Dijon. — Perrault ein Arzt und ebenfalls Mitglied der pariser Akademie war geb. 1613 zu Paris und starb daselbst 1688.

Was die Beobachtungen über die Menge des fallenden Regens betrifft, so waren die ältesten darüber in Frankreich diejenigen, welche Mariotte von einem Ungenannten in Dijon anstellen ließ. Das dabei gebrauchte Ombrometer bestand aus einem quadratischen Trichter, der das Wasser in ein cylindrisches Gefäß leitete, wo es nach seinem Volumen und daraus nach seiner Höhe bestimmt ward (*Traité du mouvement des eaux*, 1686).

In England machte die ersten Beobachtungen dieser Art Richard Townley, ein Schüler von R. Boyle und Mitglied der Royal Society. Er veröffentlichte in den *Philos. Transact.* von 1694 die Resultate 15jähriger Beobachtungen welche er von 1678 an zu Townley in Lancashire gemacht hatte. Sein Ombrometer besaß einen runden Trichter von 12 Zoll Durchmesser am oberen Rand, und das in einem Glascylinder gesammelte Wasser wurde dem Gewichte nach bestimmt. Diese Bestimmungsweise nach dem Gewicht fand in der ersten Zeit vielen Beifall bei den Engländern, und wurde namentlich von Derham befolgt, während die Franzosen, besonders de la Hire seit 1699 regelmäßig, dem bequemerem und jetzt allgemein üblichen Verfahren der Volumenmessung den Vorzug gaben. Seit jenen Zeiten hat nun das Ombro- oder Hyetometer eine Unzahl von verschiedenartigen Abänderungen erfahren, theils

¹⁾ Gilbert, *Annalen* XV, 249.

um die Regenmenge zu registriren, wozu schon **Hooke** im J. 1679 eine Vorrichtung angab¹⁾, theils um die bei jedem Winde fallende Regenmenge zu finden.

303. Auf das Nordlicht ward die Aufmerksamkeit der Physiker zu **Halley's** Zeit hauptsächlich durch dasjenige hingelenkt, welches sich im J. 1716 in so ungemeiner Pracht über dem mittleren Europa entwickelte, wodurch **Halley** und Andere veranlaßt wurden über die Ursache dieses Phänomens nachzudenken. Es war das erste, welches nach langer Zeit in diesem Theile von Europa sichtbar war, denn **Halley**, welcher damals 60 Jahre zählte und doch den Himmel fleißig durchmusterte, hatte bis dahin noch keins in England gesehen.

Die meisten Physiker, darunter der berühmte **Wolf** in Halle, waren der Meinung, das Nordlicht bestehe aus entzündlichen, nitrösen und sulphurösen Dünsten, die von der Erde aufstiegen. **Halley** dagegen sprach in den *Philos. Transact.* für 1716 die Ansicht aus, es sei ein magnetischer Ausfluß von den nördlichen Polen der Erde. Dieser, obwohl etwas unbestimmte Ausspruch ist merkwürdig, weil damals noch durchaus keine Beziehung des Nordlichts zum Magnetismus bekannt war. Es drängt sich demnach die Frage auf, wie **Halley** zu seiner Ansicht kam.

Zunächst, da ihm alle Erklärungen aus gewöhnlichen Dünsten unhaltbar schienen, leitete ihn eine dunkle Analogie zwischen den Formen des Nordlichts und den von **Descartes** angenommenen magnetischen Wirbeln, die er durch die Art, wie sich Eisenfeile auf einem Papier über einer Terella, d. i. einem kugelförmigen Stahlmagneten (§ 122) gruppirte, zu veranschaulichen suchte. Aber sein Hauptgrund war, daß der Scheitel des Nordlichtbogens ungefähr ebenso viel nach West abwich vom Meridian wie das Nordende der Magnetnadel. Diese Beobachtung hat **Halley** wohl zuerst gemacht.

¹⁾ Birch, *Hist. of the Royal Soc.* III, 476.

Uebrigens zeigt sich Halley bei der Beschreibung des Nordlichts als ein sorgfältiger Beobachter. Er zeigt, daß die Lichtsäulen der Hauptsache nach grade sein müssen, und daß ihre Krümmung und ihr Zusammenlaufen zu einem Punkt, woraus die Nordlichtkrone entsteht, auf einer optischen Täuschung beruhe. Er giebt die Lage dieser Krone genau an als südlich vom Zenith, beim Nordlicht von 1719 fand er sie 14 bis 15° südlich. In einem Punkte verfiel indess Halley gänzlich in Irrthum; er hielt nämlich das Nordlicht nicht für ein leuchtendes, sondern für ein beleuchtetes Phänomen. Er meinte, die Nordlichtstrahlen stiegen so hoch auf, daß sie zum Erdschatten hinausträten und von der Sonne beleuchtet würden. Demgemäß glaubte er auch, daß es sich mit dem Nordlicht ähnlich wie mit dem Regenbogen verhalte, daß also jedes Auge sein eigenes Nordlicht sähe.

Trotz dieser Irrthümer und ihrer ganzen Unbestimmtheit war die Halley'sche Hypothese gewiß besser als andere, die vor und nach ihm aufgestellt wurden, wie z. B. die von Descartes, welche noch 1744 von Samuel v. Triewald, einem Mitglied der stockholmer Akademie, wieder aufgefrischt und durch Versuche erläutert wurde, zufolge welcher das Nordlicht aus dem Widerschein des um den Nordpol befindlichen Schnees und Eises entspringen soll. Triewald ließ das Sonnenlicht durch eine enge Oeffnung in ein dunkles Zimmer auf ein Prisma fallen, von welchem es auf die Oberfläche des in einem Glase befindlichen Brantweins gelangte. Die von hier gegen eine weiße Wand geworfenen farbigen Strahlen malten auf dieser einen so natürlichen Nordschein, daß demselben nichts ähnlicher sein konnte, und selbst die blitzenden Strahlen und ihre Umwandlung in farbige Wolken gelegentlich auftraten ¹⁾.

Vielen Beifall erlangte eine Zeitlang die Hypothese, welche Mairan in seinem *Traité de l'aurore boréale*,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 872.

Paris 1733 entwickelte, welche auch mit derjenigen verwandt ist, die Euler 1746 in den *Mém. de Berlin* aufstellte. *Mairan* erklärte das Nordlicht für identisch mit dem Zodiakallicht, oder liefs es vielmehr aus einer Vermischung des Zodiakallichts mit der Erdatmosphäre entstehen, und Euler glaubte es sei von der Natur der Kometenschweife. Beide Hypothesen bedürfen heut zu Tage keiner Widerlegung, indels gab *Mairan* später ¹⁾ einige Erläuterungen zu seinem Werke, worin er eine für die Natur des Nordlichts recht wichtige von *Halley* übersehene Thatsache zuerst anführt, nämlich die, daß die Nordlichtkrone in der verlängerten Richtung der Inklinationsnadel liegt.

Es ist dies die zweite Relation zwischen Nordlicht und Erdmagnetismus; die erste, die Lage des Scheitels vom Nordlichtbogen im magnetischen Meridian, hatte wie bereits erwähnt schon *Halley* bemerkt. Die dritte Relation, nämlich der Einfluß, welchen das Nordlicht auf eine horizontal gestellte Magnetnadel ausübt, wurde auch noch zu *Halley's* Lebzeiten entdeckt, und zwar von *Olof Peter Hjorter*, Observator an der Sternwarte zu Upsala, der im Auftrag von *Celsius* den täglichen Gang der Magnetnadel verfolgte. Als er am 1. März 1741, zur Zeit da grade im Süden des Zeniths ein lebhaftes Nordlicht sichtbar war, seine Beobachtung machen wollte, fand er die Magnetnadel in solcher Unruhe, daß er sich für berechtigt hielt die Ursache davon dem Nordlicht zuzuschreiben, und er sah diesen Schluß bestätigt, als ihn *Celsius* versicherte, er habe schon mehrmals ähnliche Störungen beobachtet, aber noch nicht davon sprechen wollen. Kurze Zeit darauf am 5. April 1741 beobachtete auch *Graham* eine solche ungewöhnliche Störung im Gange der horizontalen Magnetnadel, aber, da es bei Tage war, konnte er natürlich nicht darauf verfallen sie einem Nordlicht zuzuschreiben.

¹⁾ *Mém. de Paris* 1747.

304. Endlich habe ich noch von der Ansicht zu sprechen, die Halley über die Herkunft der Feuerkugeln aufstellte; auch sie ist bemerkenswerth. Die meisten Physiker jener Zeit ließen diese Meteore aus salpetrigen und schwefligen Ausdünstungen der Erde entstehen, und Wolf in Halle meinte, sie wären von gleicher Natur mit dem Blitz; allein Halley erklärte sich entschieden gegen diese Ansicht.

Ein Meteor, welches am 31. Juli 1708 an mehreren Punkten in England beobachtet worden war, gab ihm zunächst Veranlassung sich über den Gegenstand auszusprechen, wobei er noch ein anderes in Betracht zog, welches am 21. März 1676 in Italien sichtbar war. Dasselbe kam von Dalmatien, flog quer über das Adriatische Meer und Italien, nahm seine Richtung nach Korsika, und zerplatzte auf dem Wege dahin mit furchtbarem Knall. Es war an mehreren Orten sorgfältig beobachtet worden, so daß man wenigstens angenähert daraus seine Höhe über der Erdoberfläche berechnen konnte. Dabei hatte sich denn eine Höhe von 40 — 50 engl. Meilen herausgestellt, deren großer Betrag, so wie andererseits die außerordentliche Geschwindigkeit, mit welcher sich beide Meteore bewegten, Halley ganz unvereinbar schien mit einer Entstehung aus irdischen Dünsten, und er sprach daher die Ansicht aus: sie müßten kosmischer Abkunft sein, aus dem Weltenraum stammen.

Durch diese im Ganzen wenig beachtete Ansicht hat Halley gewissermaßen unserem Landsmann Chladni vorgegriffen, der später in einer kleinen Schrift: *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderen ähnlichen Eisenmassen*, Leipzig 1794 mit überwiegenden Gründen darthat, was man lange vor- und nachher nicht hatte glauben wollen, daß wirklich Stein- und Metallmassen zuweilen auf die Erde herabfallen, aus zerplatzenden Feuerkugeln herkommen, und uns von diesen aus dem Weltenraum zugeführt werden.

Merkwürdig ist von Halley auch noch in Bezug auf das italienische Meteor von 1676 der Nachweis, daß es

sich der Erde grade entgegengesetzt bewegt habe, ein Umstand, den man neuerdings auch bei den Sternschnuppenschwärmen beobachtet hat, welche eine Reihe von Jahren hindurch im November erschienen sind. Halley veröffentlichte seine Ansicht in den Philos. Transact. für 1716, woraus sie übergegangen ist in die Philos. Transact. abridged VI, 99, 110.

Fortschritte der Physik von Newton's Zeit bis zum Ende des XVIII. Jahrhunderts.

Gestalt der Erde.

305. Durch das Studium der Centrifugalkraft waren Huyghens und Newton zu der Einsicht gelangt, daß die Erde keine Kugel sein könne, sondern eine an den Polen abgeplattete Gestalt haben müsse. Beide hatten auch versucht, diese Gestalt näher zu bestimmen. Huyghens, noch unbekannt mit dem Gravitationsgesetz und dem zur Lösung dieser Aufgabe erforderlichen Kalkül, war in der Voraussetzung, daß die Anziehungskraft der Erde allein ihren Sitz im Mittelpunkt der Erde habe, zu dem Resultat gelangt, daß die Erdmeridiane die Gestalt zweier am Aequator sich schneidender paraboloidischer Kurven des vierten Grades besäßen, und zwischen dem Polar- und Aequatorialdurchmesser das Verhältniß 577 : 578 stattfände.

Newton, in rein mathematischen Untersuchungen Huyghens bei Weitem überlegen, hatte, nachdem er das Gravitationsgesetz entdeckt, die Aufgabe weit naturgemäßer angegriffen. Indem er alle Theile der Erde als gegen einander gravitirend betrachtete, bewies er mit Hülfe eines weiter ausgebildeten Kalküls, daß die Erdmeridiane, unter Voraussetzung einer überall gleichen Dichtigkeit der Erde, die Gestalt einer Ellipse haben müßten, bei welcher Polar- und Aequatorialdurchmesser im Verhältniß 229 : 230 ständen.

Die beiden auf so ganz verschiedenen Wegen gefundenen Verhältnisse 577 : 578 und 229 : 230 sind merk-

würdig, da später von **Maclaurin** gezeigt worden ist, daß sie die Gränzwerte sind, zwischen welchen das Verhältniß der beiden Axen liegen muß, wenn die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt hin zunimmt.

Huyghens veröffentlichte seine Untersuchung im J. 1690 im *Discours de la cause de la pesanteur*, wovon ein Theil gemeinschaftlich mit dem *Traité de la lumière* schon 1678 der pariser Akademie vorgelegt worden war; **Newton** gab die seine in den *Philosophiae naturalis principia math.*, welche 1687 erschienen.

Seit jener Zeit bis zu Ende des XVII. Jahrhunderts, und noch lange darüber hinaus, war zur weiteren Lösung der schwierigen Aufgabe über die Gestalt der Erde so gut wie nichts geschehen, weder in experimenteller noch in mathematischer Hinsicht. Und doch war beides höchst wünschenswerth, denn **Newton's** mathematische Untersuchungen hatten die Aufgabe keineswegs vollkommen gelöst, sondern nur den Weg zur Lösung eröffnet, und andererseits lagen an Beobachtungsergebnissen, welche die Richtigkeit der mathematischen Spekulation faktisch nachwiesen, bis dahin keine anderen Daten vor, als erstens die Analogie, welche sich aus der abgeplatteten Gestalt des Jupiters hernehmen liefs, und zweitens die von **Richer**, **Halley**, **Couplet**, **Varin**, **Deshayes** und Anderen in den Tropen-Regionen gemachten Pendelbeobachtungen, die aber weder zahlreich noch genau genug waren, um bei dieser Frage eine ganz entscheidende Stimme haben zu können.

Von den bis dahin angestellten Gradmessungen galt dasselbe, und sie konnten schon um deshalb nichts beweisen, da sie alle noch in der Voraussetzung einer vollkommenen Kugelgestalt der Erde unternommen worden waren.

Von theoretischer wie von experimenteller Seite war zur Lösung der Aufgabe noch viel zu thun übrig, ja man kann wohl sagen von experimenteller noch mehr als von theoretischer. Denn wenn auch die Theorie zeigen kann, daß die Erde unter gewissen Voraussetzungen die Gestalt

eines abgeplatteten Umdrehungs-Sphäroids haben muß, so ist sie doch andererseits für sich allein nicht im Stande anzugeben, wie groß in Wirklichkeit die Abplattung ist, oder welches Verhältniß zwischen den Axen des Sphäroids wirklich stattfindet. Dazu muß die Theorie durch Messungen unterstützt werden, und an solchen Messungen fehlte es zu Newton's Zeiten und noch lange darüber hinaus ganz und gar; genaue Messungen waren demnach ein wahres Bedürfnis.

Die letzte und auch genaueste Gradmessung im XVII. Jahrhundert war die von Picard im J. 1669 ausgeführte gewesen (§ 260). Indes genügte sie keineswegs; denn einerseits hatte sie nur eine geringe Ausdehnung, von Malvoisine bis Amiens = $1^{\circ} 22' 58''$, und andererseits waren ihre Resultate, obwohl sie Newton große Dienste geleistet hatten, nur durch eine zufällige Kompensation von Fehlern so leidlich genau, wie später von Lacaille erwiesen worden ist.

306. Ums J. 1671 faßte die pariser Akademie in Uebereinstimmung mit der Regierung den Entschluß, eine Generalkarte von ganz Frankreich zu entwerfen, woran es bis dahin noch völlig gefehlt hatte. Man schickte eine beträchtliche Zahl von Geodäten in die Provinzen, um dieselben zu vermessen, allein nachdem dieselben einige Jahre operirt hatten, kam man zu der Ueberzeugung, daß es, um Uebereinstimmung in diese partiellen Aufnahmen zu bringen, durchaus nothwendig sei, sie an eine gemeinschaftliche Basis knüpfen zu können. Dazu hielt Picard den von ihm gemessenen Gradbogen wegen seiner geringen Ausdehnung nicht für hinreichend, und machte daher bei dem Minister Colbert den Antrag, daß ein Meridianbogen der Länge nach durch ganz Frankreich gemessen werde, und dieser Mäßen der Wissenschaft genehmigte auch den Plan ohne Weiteres, und beauftragte die Akademie der Wissenschaften mit dessen Ausführung.

Dem zufolge wurde 1680 Hand ans Werk gelegt. Dom. Cassini unterstützt von Chazelles, Varin, Deshayes

und Sédileau bekam den Auftrag von Paris aus nach Süden zu messen; de la Hire, unterstützt von Pothénot und Lefèvre, ebenso nach Norden zu verfahren. Der bald darauf im J. 1683 erfolgte Tod des Ministers Colbert brachte aber in diesem rasch angefangenen Unternehmen eine Unterbrechung von nicht weniger als 17 Jahren hervor; erst im J. 1700 wurde es wieder aufgenommen durch Cassini (nach dem Tode von Dom. Cassini 1712 trat dessen Sohn Jacques für ihn ein), de la Hire und Maraldi, und nach dem ursprünglichen Plan vollendet, aber erst im J. 1718.

Diese Gradmessung, die grösste und ohne Widerrede die genaueste, welche bis dahin ausgeführt worden, umfaßte von

Paris nach Dünkirchen $2^{\circ} 45' 50''$

Paris - Collioure an d. span. Gränze $6^{\circ} 18' 47''$

$9^{\circ} 4' 37''$,

also etwa $\frac{1}{10}$ des Erdquadranten.

Das merkwürdigste Resultat dieser Messung war die Ungleichheit der Länge eines Meridiangrades in den einzelnen Theilen des gemessenen Bogens, es betrug nämlich:

die Gradlänge im südlichen Theil 57097 T.

- - - nördlichen - 56960 -

137 T.

Man hatte also die nördlichen Grade kleiner als die südlichen gefunden, oder anders gesagt, die Krümmung des Meridians stärker nach Norden hin als nach Süden. Es hatten also die Messungen statt eines an den Polen abgeplatteten Sphäroids ein verlängertes für die Erde ergeben, so daß diese also nicht die Gestalt einer Zwiebel, sondern die eines Eies haben würde.

Dieses Resultat erregte großes Aufsehen, da es in offenem Widerspruch mit den Resultaten der Spekulationen von Huyghens und Newton stand. Jetzt erinnerte man sich, daß ein Elsasser Namens Eisenschmidt bereits im J. 1691 in einer kleinen Schrift betitelt: *Diatrise de figura telluris elliptico-sphaeroide*, zu einem ähnlichen Resultate gelangt war, indem er die Grösse der unter verschiedenen geo-

graphischen Breiten gemessenen Meridiangrade mit einander verglich. Er hatte nämlich für die Grادلänge erhalten aus

Eratosthenes,	Messung in Aegypten,	63 000 Toisen
Riccioli,	- - Italien,	62 560 -
Picard,	- - Frankreich,	57 060 -
Snell,	- - Holland,	55 021 -

also eine Abnahme der Grade von Süden nach Norden, wie in den einzelnen Theilen der letzten französischen Messung.

Anfänglich meinten **Cassini, Fontenelle** und andere Mitglieder der pariser Akademie, diese Abnahme der Grade von Süden nach Norden sei ganz in der Ordnung, und bewiese die Abplattung der Erde an den Polen. Aber bald wurden sie ihren Irrthum gewahr, und nun sahen sie ein, daß das Resultat ihrer Messungen gradeswegs der **Newton'schen** Theorie widersprach, ein verlängertes statt eines abgeplatteten Sphäroids ergeben hatte. Die französischen Akademiker nahmen daher keinen Anstand, die **Newton'sche** Theorie von der Gestalt der Erde geradezu für falsch zu erklären.

Das brachte denn nun, wie leicht zu erachten, in England eine große Aufregung zu Wege, die bald durch nationale Eifersucht erhöht den Ausbruch eines Federkrieges veranlaßte, welcher über 20 Jahre lang die gelehrte Welt in Spannung erhielt. Auf der einen Seite standen die vorzüglichsten Mathematiker Englands, ihren **Newton** vertheidigend, **Gregory, Keill, Maclaurin, Stirling** und Andere, denen sich auch die Deutschen **Hermann** und **Kraft** anschlossen; auf der anderen Seite, sich stützend auf ihre Messung, die französischen Akademiker **Cassini, de la Hire, Maraldi, Mairan**, der Geograph **d'Anville** und selbst der große **Joh. Bernoulli**.

Die Engländer, sonst immer die praktischen Leute, beschränkten sich merkwürdiger Weise in diesem Kriege ganz auf die Defensive und fochten nur mit den Waffen der Theorie, wahrscheinlich, weil sie **Newton's** Schlüsse

für keiner experimentellen Bestätigung bedürftig hielten. Die Franzosen waren dagegen sehr aktiv, und wenn sie auch dazu specielle Ursache hatten, so muß man doch anerkennen, daß ihre Thätigkeit und ihr Unternehmungsgeist außerordentlich viel zur Lösung der Frage über die Gestalt der Erde beigetragen haben.

Mehrere Jahre vergingen in unfruchtbaren Diskussionen, bis man endlich französischerseits den Vorschlag machte, neue Messungen zu unternehmen, und auch ein Stück eines Parallelkreises oder eines Perpendikels auf dem Meridian zu messen. Der Vorschlag ward in den Jahren 1733 und 1734 unter Cassini's Leitung ausgeführt. Man maß senkrecht vom pariser Meridian ab einerseits westwärts, bis nach St. Malo dem äußersten Punkt der Bretagne, und andererseits nach Osten bis Straßburg. Dies Unternehmen, welches schon als erste Längengradmessung bemerkenswerth ist, gab wunderbar genug ein Resultat, welches mit der früheren Breitengradmessung ganz übereinstimmte, und wie diese der Erde eine längliche Gestalt ertheilte. Hierdurch bekamen die Franzosen natürlich neues Aufwasser; allein die Engländer ließen sich nicht irre machen, sie fuhrten fort die wohlbegründete Theorie Newton's beharrlich zu vertheidigen, und warfen den Franzosen namentlich zweierlei vor:

1) Fehlerhaftigkeit ihrer Operationen, die allerdings zumal bei der Längengradmessung leicht nachzuweisen war.

2) Zu große Nähe der im Meridian gemessenen Grade. Sie sagten mit Recht zu ihren Gegnern, die Grade, welche ihr gewählt, liegen zu nahe aneinander, sind deshalb zu wenig verschieden, als daß ihr durch eure nicht fehlerfreien Messungen entscheiden könntet, ob sie nach Norden oder nach Süden hin wachsen.

307. Um diese Einwürfe zu beseitigen, und überhaupt um den langen Krieg auf eine für die französische Nation ehrenvolle Weise zu beenden, fand sich endlich die pariser Akademie bewogen bei dem Grafen **Maurepas**, Minister Ludwig's XV., in Antrag zu bringen, daß der Staat die

Kosten zu einer neuen Gradmessung hergebe, angestellt wo möglich unter dem Aequator selbst, wo die Grade, wie auch die Erde gestaltet sein möge, jedenfalls bedeutend von denen in Frankreich verschieden sein mußten; kleiner nämlich, wenn die Engländer Recht haben sollten, größer dagegen, wenn es auf Seite der Franzosen liegen würde. **Maurepas** genehmigte den Antrag, und erwirkte auch von der spanischen Regierung die Erlaubniß auf deren Gebiet die Messungen vornehmen zu dürfen.

An der Spitze dieser nach den Aequatorial-Regionen Amerikas bestimmten Expedition standen **La Condamine**, **Godin**, **Bouguer**, denen von Seiten der spanischen Regierung die beiden geschickten See-Officiere **Don Georg Juan** und **Don Antonio de Ulloa** beigegeben wurden; auch der Botaniker **Joseph de Jussieu** schloß sich der Expedition an, welche mit allen damaligen Hilfsmitteln der Wissenschaft reichlich ausgerüstet ward. Am 16. Mai 1735 segelten die französischen Theilnehmer von La Rochelle ab, zunächst nach St. Domingo und von da nach Carthagena und Portobello. Nachdem sich hier die beiden spanischen Officiere angeschlossen hatten, reiste die Gesellschaft zu Lande über den Isthmus von Panama, ging hier wieder zu Schiffe und landete im März 1736 an der Küste von Peru, um in dem Hochthale von Quito zu beiden Seiten des Aequators die beabsichtigte Messung auszuführen.

Die fernere Geschichte dieser merkwürdigen Expedition bietet manche Schattenseiten dar. Unverhoffte Schwierigkeiten, welche das coupirte Terrain, das rauhe Klima der hohen Gebirgslandschaft und die Rohheit ihrer Bewohner den Operationen in den Weg legten; ferner Mangel an Uebung in astronomischen und geodätischen Messungen seitens der Akademiker, die darin erst während der Operation ihre Schule machten, und besonders eine bald zwischen ihnen ausbrechende Eifersucht und Uneinigkeit, bewirkten, daß die Arbeiten außerordentlich in die Länge gezogen wurden, daß mehrere von ihnen drei- oder viermal wiederholt, ja endlich alle bis zum J. 1741 also in

den ersten fünf Jahren angestellten Operationen verworfen werden mußten.

Zuletzt löste sich die Gesellschaft in voller Zwietracht auf, und die Mitglieder zerstreuten sich nach allen Himmelsgegenden. **Bouguer** entwich gewissermaßen aus Peru und eilte über Mexiko nach Paris, wo er 1744 eintraf, um **Condamine** in der Publikation der Resultate zuvorzukommen. **Condamine**, welcher gerade am anderen Ende der Operationslinie war und **Bouguer's** Abreise erst 6 Wochen hernach erfuhr, machte den Rückweg auf dem Amazonasstrom, den er seiner ganzen Länge nach sorgfältig aufnahm, und langte erst 1746 in Europa an.

Die beiden spanischen Officiere wandten sich nach Chili, welches von ihnen in mehrfacher Beziehung sehr gut untersucht wurde. Sie kehrten dann um Kap Horn nach der Heimath zurück, wo **Don Georg Juan** auch in der Mitte des J. 1746 ohne Abenteuer anlangte. **Don Antonio Ulloa** hatte aber das Schicksal von den Engländern, die grade mit Spanien im Kriege waren, unterwegs gefangen genommen zu werden. Er wurde nach London gebracht, aber sogleich, als man ihn erkannte, wieder auf freien Fuß gesetzt und höchst ehrenvoll behandelt. Man stellte ihm nicht nur alle seine Papiere wieder zu, sondern die königl. Gesellschaft erwählte ihn auch zu ihrem Mitglied.

Godin endlich blieb bis 1748 in Peru, wo er Zeuge des schrecklichen Erdbebens war, welches im J. 1746 die Städte Callao und Lima zerstörte. Er nahm seinen Rückweg über Tucuman, Paraguay und Buenos Ayres nach Spanien, wo er 1750 anlangte, und auch nach einem kurzen Aufenthalt in Frankreich sich niederließ, indem er an der Seekadettenschule zu Cadix die Stelle eines Lehrers annahm. Er starb daselbst 1760 ohne eine Beschreibung seiner Reise herausgegeben zu haben. Desto mehr Schriften veröffentlichten **Bouguer** und **Condamine**, in denen sie einander mit großer Heftigkeit befehdeten, und dadurch ihre Gradmessung leicht in gänzlichen Mißkredit hätten brin-

gen können, wenn nicht glücklicherweise die Vorwürfe, die sie einander machten, lauter Nebendinge und Kleinigkeiten betroffen, und zugleich an den Tag gelegt hätten, daß beide bei ihren Beobachtungen mit gleicher Aufrichtigkeit und Wahrheitsliebe zu Werke gegangen waren.

Der endlich nach vielen Schwierigkeiten im J. 1743 gemessene Bogen erstreckte sich

von Cotchesqui . .	1°	25'	57" N,
bis Mamo Tarqui . .	1°	41'	7" S,
also durch . . .	3°	7'	4",

und hatte eine Länge von 176940 Toisen. Daraus berechnete nun die Größe eines Grades

Bouguer . .	56753 Toisen unter 0°,
Condamine . .	49
Ulloa . . .	68.

Neuere Astronomen haben durch eine schärfere Berechnung der Beobachtungen, u. A. Berichtigung des Umstandes, daß der gemessene Bogen nicht im Niveau des Meeres, sondern 1226 Toisen = 7356 Fuß über dem Meere lag, welche Korrektion übrigens auch Bouguer angebracht hat, als Resultat erhalten

56731,7 Tois. ¹⁾

Das war das Hauptresultat der berühmten Expedition de Perou, die trotz des ungünstigen Schicksals, welches über sie verhängt war, dennoch der Wissenschaft auch anderweitig reichliche Früchte brachte. Es währte indeß etwas lange, ehe die Welt dieses Endresultat erfuhr. Acht Jahre hatten die Messungen gedauert, und nach Beendigung derselben verstrichen noch sechs Jahre, bis es vollständig publicirt wurde. Dies geschah in dem Werk: *La figure de la terre déterminée par les observations de MM. Bouguer et de la Condamine, Paris 1749.*

308. Bei einem so langen Verzug wäre es den lebhaften Franzosen gewiß nicht zu verargen gewesen, wenn sie zuletzt etwas ungeduldig geworden wären, allein ihr

¹⁾ Zach's Korresp. XXVI, 39.

Geduldfaden rifs schon viel früher. Bereits ein Jahr nach Abgang der peruanischen Expedition faßte man in der pariser Akademie, wo unterdeß die Frage über die Gestalt der Erde vielfach diskutirt wurde, den Gedanken, sie durch eine hoch in Norden ausgeführte Gradmessung auf eine zweite Weise zur Entscheidung zu bringen, wozu Celsius, der damals in Paris war, die Veranlassung gab. Es war vorzüglich **Maupertuis**, der diesen Gedanken auffaßte, und es auch beim Minister **Maurepas** durchzusetzen wußte, nicht allein, daß er zur Ausführung gebracht, sondern auch, daß ihm die Leitung der Expedition übertragen wurde. Letztere Begünstigung soll er dem Umstande verdanken, daß er es verstand sich durch Gesang und Guitarspiel bei dem Minister angenehm zu machen.

Diese Expedition beabsichtigte eine Gradmessung in den Ebenen Lapplands anzustellen. Sie bestand außer ihrem Direktor **Maupertuis** aus den Akademikern **Clairault**, **Camus**, **Le Monnier**, und dem Korrespondenten **Outhier**, denen die schwedische Regierung, auf deren Gebiet die Operation ausgeführt werden sollte, noch den Professor **Celsius** aus Upsala beigesellte.

Die Expedition langte im Juli 1736 in Tornea an, überwinterte daselbst, und kehrte im Juni 1737 wieder nach Paris zurück. Sie ging also sehr rasch zu Werke, maßt aber dafür auch nur einen verhältnißmäßig kleinen Bogen, und selbst diesen, wie späterhin im J. 1801 durch **Melanderhjelm** erwiesen wurde, eben nicht mit sonderlicher Genauigkeit. Die Operation erstreckte sich vom

Berge Kittis . .	66°	48'	30"
bis zur Stadt Tornea . .	65°	51'	1,5"
Unterschied . .	0°	57'	28,5"

Die Länge dieses Bogens, durch eine auf dem Eise der Tornea-Elf gemessene Standlinie bestimmt, war 55023 Toisen, woraus sich denn für die Länge des Meridiangrades unter 66° 20' N. ergab 57437,0 Tois. Eine neuere schwedische Messung in den Jahren 1801 bis 1803 von **Svanberg**, **Öfverbom**, **Palander** und **Holmquist** unternom-

men ergab für 1° unter $66^{\circ} 20' 10''$ N. 57196,16 Tois., also 240,84 T. weniger.

Maupertuis veröffentlichte das Resultat der lappländischen Expedition bereits im J. 1738 in einem kleinen Werk: *Sur la figure de la terre déterminée par les observations de Mr. Maupertuis, Clairault, Camus, Le Monnier et Outhier, Amsterd. 1738*, also mindestens sechs Jahre früher als das Resultat der amerikanischen Messung bekannt wurde. Es widersprach schon für sich allein der Idee von einer verlängerten Erdgestalt auf das Entschiedenste, denn

der lappländische Grad betrug	57437,0 T.
der in Frankreich gemessene	57097,0 -
also Ueberschuß	340,0 T.

Es wurde bestätigt durch eine in Pello unter $66^{\circ} 3'$ gemachte Pendelbeobachtung, bei welcher sich die Länge des Sekundenpendels um 0,6 Linien größer als in Paris ergab.

Natürlich erregte dieses Resultat in der pariser Akademie die größte Sensation, namentlich bei Jacq. Cassini und dessen Anhängern, die sich dadurch in ihrer Meinung besiegt sahen. Es rief zunächst allerlei Spötteleien über diese Expedition und über eine von Maupertuis mitgebrachte Lappländerin hervor, wofür sich dieser in mehreren scharfen Gegenschriften an seinen Widersachern zu rächen suchte. Allein es gab auch Veranlassung, daß man bald darauf nämlich im J. 1740, also auch noch vor dem Bekanntwerden des Resultats der amerikanischen Expedition, eine sehr skrupulöse Revision der französischen Gradmessung in ihrer ganzen Ausdehnung von Dünkirchen bis Perpignan durch La Caille und Cassini de Thury, den Enkel von Domenico Cassini, vornehmen liefs. Man theilte den ganzen über 9 Breitengrade langen Meridianbogen in vier Stücke, und bestimmte für jedes die Länge eines Grades. So fand man denn

zwischen Dünkirchen und Paris	. .	57084 T.
- Paris und Bourges	. . .	71 -
- Bourges und Rhodéz	. .	40 -
- Rhodéz und Perpignan	. .	48 -

also mit Ausnahme des dritten Stücks eine Zunahme der Grade von Süd nach Nord, ganz wie es die Theorie verlangte und beweisend, daß das frühere Resultat seinen Grund in Fehlern der Messung hatte. Als Gröfse des Grades für die Breite von 45° leitete man daraus ab 57023 Toisen.

309. Faßt man nun die Hauptdata zusammen, die man nach Beendigung der amerikanischen Expedition zur Beurtheilung der Gestalt der Erde in Händen hatte, so waren es folgende Werthe über die Gröfse eines Meridiangrades unter verschiedenen Breiten:-

unter $66^{\circ} 20'$ N.	57437 Tois. (richtiger 57196)
45°	57023
0	56732

Unterschied	705 Tois.
-------------	-----------

Waren nun gleich diese Werthe noch nicht ganz richtig, so waren doch andererseits die Unterschiede derselben viel zu groß, als daß man sie allein von Beobachtungsfehlern ableiten konnte; man hatte also vollkommen Recht den Schluß zu ziehen, daß die Länge der Meridiangrade vom Aequator nach den Polen zunimmt, und daß demnach die Erde ein an den Polen abgeplatteter, kugelähnlicher Körper sei.

So weit war also Newton's Theorie auf das Glänzendste gerechtfertigt. Aber Newton hatte zugleich die Gestalt der Erde näher specificirt. Er hatte es ausgesprochen, sie sei ein Sphäroid, ein Körper entstanden durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe, und hatte das Verhältniß der Axen dieser Ellipse angegeben. Ob dem wirklich so sei, ob die Axen des Umdrehungsphäroids wirklich im Verhältniß 229 : 230 stehen, darüber konnten alle bis zum J. 1750 gemachten Messungen noch nicht entscheiden, obgleich diese Entscheidung grade den Messungen anheim fällt, da die Theorie die Gestalt der Erde nicht anders genau bestimmen kann, als wenn sie genau Kenntniß von der Dichtigkeit der Erde und deren Vertheilung besitzt.

Durch alle so mühsamen, zeitraubenden und kostspieligen Unternehmungen war demnach bis zum J. 1750 die Frage über die Gestalt der Erde nur zur Hälfte, zur ersten leichteren Hälfte gelöst. Dessen ungeachtet sind diese Expeditionen für die Wissenschaft von großem Nutzen gewesen, denn durch sie ward die Bahn zu ferneren Unternehmungen gebrochen, und von Seiten des Staats ein glänzendes Beispiel liberaler Unterstützung wissenschaftlicher Zwecke aufgestellt. Um ganz den Werth der Gradmessungen zu schätzen, muß man erwägen, daß von ihnen her erst die Anfertigung richtiger Karten datirt, und die Vervollkommnung dieser wichtigen Hülfsmittel zur genaueren Länderkenntniß immer Hand in Hand mit ihnen gegangen ist.

310. Seit der Zeit der amerikanischen Expedition sind im Laufe des XVIII. Jahrhunderts noch verschiedene Gradmessungen ausgeführt, die aber alle, etwa mit Ausnahme der von La Caille im J. 1751 am Kap der guten Hoffnung, von keinem großen Belang für die Frage über die Gestalt der Erde sind. Ich will sie daher übergehen, um nur noch von einer zu sprechen, die ein größeres Interesse hat, und sich auch den bisher erwähnten näher anschließt. Es ist die, welche der National-Konvent der französischen Republik im J. 1792 dekretirte; sie ist von den im Meridian vorgenommenen Gradmessungen die vierte in Frankreich.

Schon die äußeren Umstände vereinigten sich dahin diese Messung zu einer der denkwürdigsten wissenschaftlichen Unternehmungen zu machen, die jemals ausgeführt worden sind. Denn sie wurde zu einer Zeit angefangen, wo Frankreich im Innern so eben erst die Gräuelszenen der Revolution überlebt hatte, wo keine festbegründete Regierung das Staatsruder lenkte, und wo es von außen her durch zahlreiche feindliche Heere mit einem Einbruch bedroht wurde, zu einer Zeit also, welche für wissenschaftliche Untersuchungen jeglicher Art die allerungünstigste zu sein schien.

Erstaunen wir schon über die Kühnheit, welche in einer so verhängnißvollen Zeit den Plan zu solch einem Riesenwerk faßte, so werden wir noch mehr in Verwunderung gesetzt durch die Energie und das Talent, mit welchen das Werk in einer verhältnißmäßig sehr kurzen Zeit zu Ende geführt wurde. Unter allen in Europa ausgeführten Gradmessungen ist sie an Ausdehnung die bedeutendste, unter allen diesen diejenige, welche mit dem größten Aufwand an instrumentellen Hilfsmitteln und intellektuellen Kräften unternommen ward. Was ihr aber ganz besonders die Aufmerksamkeit des wissenschaftlichen Europas zuwandte, das war die damit verknüpfte Idee durch sie zugleich für Maß und Gewicht unveränderliche in der Natur vorhandene Größen zu erlangen, welche unter jeglichen Verhältnissen wieder aufzufinden seien, und nur mit der Erde selbst untergehen könnten.

Es war diese Idee es eigentlich, welche das ganze Unternehmen hervorrief und welche, obwohl nicht neu, doch hier zuerst systematisch und im Großen verwirklicht wurde. Ihre Ausführung hat in der Folge auf die Regulirung der Maße und Gewichte in allen civilisirten Staaten Europas den wohlthätigsten Einfluß ausgeübt. Und wenn man auch späterhin mit einfacheren Mitteln eine gleiche und vielleicht größere Genauigkeit in diesen Bestimmungen erreicht hat, so darf man doch nicht vergessen, daß es unsere übrerrheinischen Nachbarn waren, welche hier wie in so manchen anderen Reformen mit der That vorangingen.

Das große Werk wurde im J. 1792 begonnen, und zunächst bis zum J. 1799 fortgesetzt. In dieser Zeit wurden die Messungen ausgedehnt

von Dünkirchen	51° 2' 10,7"
bis zum Thurm der Veste Monjouy bei	
Barcelona	41° 21' 44,8"
Länge	9° 40' 25,9"

Die nördliche größere Hälfte von Rhodéz bis Dünkirchen wurde unter Delambre's Leitung gemessen, die

südliche kleinere unter der von Méchain. Als Grundlage dienten die Messungen zweier Standlinien,

die eine bei Melun = 6075,9 Tois.

die andere bei Perpignan = 6006,25 -

Diese Messungen geschahen mit 12 Fuß langen Platinstangen, welche der Astronom Borda so eingerichtet hatte, daß sie bei 12,5° Cels. genau zwei der eisernen Toisen faßten, die zur Gradmessung in Peru gedient hatten, Toise de Perou, und die er überdies mit einem sehr sinnreichen Mechanismus versehen hatte, um ihre Ausdehnung durch die Wärme nicht allein zu finden, sondern auch zu berichtigen. Diese Stangen nannte man Modules.

Als nun an diese Standlinien die übrigen Punkte des Bogens durch eine Triangulation angeschlossen wurden, ergab sich:

		Mittlere Breite
I. von Dünkürchen .	51° 2' 10,5"	
bis Paris (Pantheon)	48 50 49,7	49° 56' 30"
	<u>2° 11' 20,8"</u>	
II. von Paris . . .	48° 50' 49,7"	
bis Evaux . . .	46 10 42,5	47° 30' 46"
	<u>2° 40' 7,2"</u>	
III. von Evaux . . .	46° 10' 42,5"	
bis Carcassonne . .	43 12 54,4	44° 41' 48"
	<u>2° 57' 48,1"</u>	
IV. von Carcassonne .	43° 12' 54,4"	
bis Monjouy . . .	41 21 44,8	42° 17' 20"
	<u>1° 51' 9,6"</u>	

Die Länge betrug bei I 62472,9 Modules

II 76145,74 -

III 84424,55 -

IV 52749,48 -

Hierauf berechnete man die Größe der Grade für die einzelnen Stücke und fand,

1) daß sie zwischen den mittleren Breiten I und II von Nord nach Süd regelmäßig abnehmen, und zwar langsam um 4 Toisen für jeden Grad;

2) daß sie auch zwischen den Breiten II und III von Nord nach Süd abnehmen, aber viel rascher, nämlich 30 Toisen für jeden Grad;

3) daß sie endlich auch noch zwischen den Breiten III und IV von Nord nach Süd, aber wiederum viel langsamer, nur 14 Toisen für den Grad abnehmen.

311. Auch bei dieser mit so genauen Instrumenten und mit so vieler Sorgfalt ausgeführten Operation zeigte sich demnach eine Anomalie in dem gemessenen Meridianbogen, zwar nicht wie früher in dem Sinn, daß dadurch der Abplattung der Erde widersprochen wurde, indem die Grade überall von Süd nach Nord zunahmen, aber doch so, daß eine Unregelmäßigkeit in der Gestaltung dieses Meridianbogens klar daraus hervorging. Es war das erste Mal, daß eine solche Unregelmäßigkeit mit Sicherheit war nachgewiesen worden.

Dieser Umstand machte nun der mit dem neuen Maß und Gewicht beauftragten Kommission große Sorge, denn in dem vor Beginn der Gradmessung im J. 1791 erlassenen Dekret war festgesetzt worden, daß ein Zehnmilliontel des Erdquadranten das Grundmaß sein soll. Diese von Laplace herrührende Bestimmung ist bezeichnend für den Stand der damaligen Kenntniß von der Erdgestalt, denn sie setzt offenbar voraus, daß die Erde ein ganz regelmäßiges Sphäroid sei, und ein Meridian genau die Gestalt irgend eines anderen habe. Allein schon Bouguer, der zu seiner Zeit doch nicht mehr als drei verschiedene Grade mit einander vergleichen konnte, fand, daß die Erdmeridiane unter sich nicht gleich sind ¹⁾).

Die Voraussetzung der Gleichheit der Meridiane war jetzt auf das Bestimmteste widerlegt, und wie sollte nun die gesetzliche Forderung erfüllt werden, die sich sichtlich auf ein falsches Princip stützte? Nach mehreren Debatten entschloß man sich den ganzen Bogen von 90,6738

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 339.

oder in Länge von 275 792,36 Doppel-Toisen zu nehmen, und aus ihm kombinirt mit dem Resultat der Messung in Peru die Gröfse des Erdquadranten herzuleiten. Dies geschah, und so fand man für den nördlichen Erdquadranten, der aber genau genommen weder der durch Frankreich noch der durch Peru gehende war, sondern ein unbestimmtes Mittel:

5130 738,62 Toisen.

Das Zehnmilliontel dieses Quadranten betrachtete die Kommission als das von der Natur an die Hand gegebene Urmafs, und belegte es nach der im J. 1795 vom Deputirten Prieur vorgeschlagenen Nomenklatur mit dem Namen Meter. Nach der alten eisernen Toise de Perou enthielt das Meter 443,295 8 alte par. Linien, wofür man

443,296 - - -

als Mètre définitif nahm, wohl verstanden, die eiserne Toise bei 13° R. $= 16\frac{1}{4}^{\circ}$ C. und das Platinmeter bei 0° gedacht. Ein solches Platin-Meter wurde am 23. Juni 1799 im National-Archiv niedergelegt.

So sinnreich diese Festsetzung des Grundmafses auch ist, so viel Aufsehen sie mit Recht zu ihrer Zeit gemacht hat und, was nicht geläugnet werden kann, so viel Einfluß sie auch auf andere Maß- und Gewichtsbestimmungen ausgeübt hat, so muß man doch gegenwärtig leider bekennen, daß dieser Zweck der großen Gradmessung eigentlich ganz verfehlt ist. Schon diese Messung selbst gab den Beweis, daß die Erde kein ganz regelmäßiges Sphäroid ist, oder daß man nicht hoffen dürfe einen Erdquadranten genau dem anderen ganz gleich zu finden, und das trat kurz nach Beendigung der französischen Gradmessung in noch stärkerem Maße hervor.

Denn während die Franzosen ihre große Operation ausführten und eigentlich noch früher, begannen 1783 unter William Roy und Dalby auch die Engländer auf ihrer Insel eine ähnliche Messung zu unternehmen, die aber erst im J. 1803 unter General Mudge beendet wurde. Sie hatte nur eine geringe Ausdehnung, und erstreckte sich

von Clifton, Yorkshire . .	53° 27' 31,59"
bis Dunnose auf Wight . .	50 37 8,21
also durch	<u>2° 50' 23,38"</u>

nicht volle drei Grade, war aber mit äußerster Sorgfalt ausgeführt.

Hierbei zeigte sich nun die Merkwürdigkeit, daß von den drei Graden der nördlichere stets kleiner war als der südlichere, ganz entgegen der Newton'schen Theorie. Offenbar ist auch dieses Resultat, bei dem man von Glück sagen kann, daß es nicht früher entdeckt wurde, da es sonst viel Unheil angerichtet hätte, nur eine lokale Anomalie in der Gestalt der Erde, und beweist, was später in mehreren Gegenden aufs Klarste erwiesen ist, daß die Erde kein strenges, mathematisches Umdrehungs-Sphäroid darstellt.

Es war bei den Franzosen ein rein willkürlicher Schritt, daß sie ihre letzte Gradmessung mit der peruanischen verknüpften, und somit eine Abplattung des Erdsphäroids $= \frac{1}{334}$ herausrechneten. Hätten sie irgend eine andere Kombination gemacht, z. B. die französische mit der lappländischen vereinigt, so würden sie auch eine andere Abplattung, und folglich einen anderen Werth für die Größe des Erdquadranten gefunden haben.

Wenn die Erde ein ganz regelmäßiges Sphäroid wäre, so würden zwei Meridiangrade unter verschiedenen Breiten gemessen hinreichend sein das Axenverhältniß $\frac{r}{R}$, und somit die Abplattung $\frac{R-r}{R}$ dieses Sphäroids zu bestimmen, unter r die halbe Axe und R den Aequatorradius verstanden. Seitdem man aber erkannt, daß die Erde kein ganz regelmäßiges Sphäroid ist, vielmehr eine Menge kleiner Abweichungen darbietet, ist man auch zu der Einsicht gelangt, daß eine solche Rechnung nicht ausreicht, daß man im Gegentheil alle zuverlässigen Gradmessungen, soviel ihrer da sind, zusammen nehmen und nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnen muß.

Man findet somit zwar nicht die wahre Gestalt der Erde, aber wohl das wahrscheinlichste Sphäroid, welches der Gesamtheit der Beobachtungen und Messungen am besten entspricht. Eine solche Rechnung ist zuerst im J. 1819 von dem 1822 verstorbenen Dr. Walbeck in der *Dissert. de forma et magnitudine telluris, Aboae 1819* ausgeführt, nach den zuverlässigsten bis dahin bekannten Gradmessungen. Später ist dieselbe vom Dr. J. K. E. Schmidt (gest. 1832 als Professor der Mathematik und Physik zu Tübingen) in Band I seines schätzbaren *Lehrb. d. mathemat. u. phys. Geographie, 2 Bde., Gött. 1829* im erweiterten Mafse vorgenommen, und endlich hat sich unser berühmter Bessel¹⁾ zweimal mit derselben befaßt und gefunden $\frac{R}{r} = \frac{299}{298}$. Aus dieser letzten Rechnung geht hervor, daß der Erdquadrant, der nach der ursprünglichen Absicht 10 000 000 Meter enthalten sollte, in der That nach sämtlichen bisherigen Gradmessungen den wahrscheinlichsten Werth 10 000 855,76 \pm 498,23 Meter hat.

Man sieht daraus, daß das Meter gegen seine Definition zu klein ist, und daß die Absicht, welche man bei seiner Schaffung im Auge hatte, in der That eine verfehlt ist. Das Meter ist, wie Bessel sich ausdrückt, ein nach einer gewissen Absicht gewählter aber dennoch innerhalb engerer oder weiterer Gränzen willkürlicher Theil der Toise de Perou.

Das Meter hat rücksichtlich seiner Länge nichts vor jedem anderen wohlbestimmten Mafse voraus, was ihm aber besonders zu wissenschaftlichen Arbeiten einen Vorsprung vor den meisten übrigen giebt, ist 1) das bei seinen Unterabtheilungen befolgte Decimalsystem, und 2) die einfache Verknüpfung des Mafses mit dem Gewicht durch die Bestimmung, daß 1 Kubikcentimeter Wasser = 1 Gramm, und dieses die Gewichtseinheit sein soll. Dabei hat man leider die unnöthige Komplikation eintreten lassen, daß

¹⁾ Poggendorff, Ann. LV, 529.

das Wasser die Temperatur seiner größesten Dichte 4° C. haben soll, die ebenso unpraktisch ist, als die Bestimmung, daß das Meter auf 0° versetzt werden muß, um seine richtige Länge zu besitzen. Ein Gramm = 1 Kubikcentimeter von Platin bei 0° gefüllt mit Wasser von 4° C.!

3) Ein dritter Vorzug besteht darin, daß damit seit seiner Existenz so viele und wichtige Messungen gemacht sind; je mehr mit einem Maße gemessen wird, desto höher steigt sein Werth. Allein dieser Vorzug würde bei jedem Maße und Gewicht möglich, und dann immer ein bedeutender sein.

Das natürliche Urmaß und das Meter.

312. Einige leidenschaftliche Alterthumsfreunde, die gern alle Erfindungen der neuen Zeit in einer grauen Vorwelt finden möchten, haben auch gesucht die Idee eines natürlichen Grundmaßes den Alten zu vindiciren. So sagt ein gewisser Pauton (1732—1798), Prof. der Mathematik in Straßburg, zuletzt Beamter im Cataster-Büreau zu Paris, in seiner *Métrologie ou Traité de mesures, Paris 1780, p. 102*, die Aegypter hätten ein solches Naturmaß besessen. Die Seite der Basis der großen Pyramide 500 mal genommen sei genau gleich einem Grad, wie ihn die Neueren bestimmt hätten. Allein die Ingenieure der französischen Expedition von 1798 fanden die Seite der Pyramide = 716,5 Fuß, welches 500 mal genommen den Grad um 2700 Toisen oder 16200 Fuß zu groß giebt. Auch Jean Sylvain Bailly trägt in seiner *Hist. de l'astronomie moderne, Paris 1778, Bd. I, p. 156* die unhaltbare Meinung vor!

Der erste, welcher die Idee hatte den künstlichen Maßen eine natürliche Grundlage zu geben, ist wohl Gabriel Mouton (1618—1694, geb. und gest. zu Lyon), Vikar an der Paulskirche zu Lyon. Derselbe schlug in einem 1670 zu Lyon erschienenen Werke: *Observationes diametrorum solis et lunae apparentium, p. 427* als Grundmaß vor die Minute eines Meridiangrades, etwa $\frac{1}{4}$ Meile; er nannte es

Mille und wollte es nach dem Decimalsystem getheilt wissen in Centuria, Decuria, Virga, Virgula, Decima, Centesima und Millesima oder Stadium, Funiculus, Virga, Virgula, Digitus, Granum, Punctum.

Nach Monton, der seine Idee zu einer Zeit aussprach, wo man die Erde noch für eine Kugel hielt, trat Huyghens auf, der in seinem *Horologium oscillat.* von 1673 den bei Weitem vorzüglicheren Vorschlag machte, den dritten Theil der Länge des Sekundenpendels als *pes horarius* zum Grundmaß zu nehmen. Dieser Vorschlag fand aber wenig Beifall, ebenso wenig wie der spätere von Condamine die Pendellänge unter dem Aequator als Maßseinheit zu setzen. Jacq. Cassini glaubte es sei besser $\frac{1}{8000}$ der Minute des Erdumfangs zum geometrischen Fuß zu nehmen, oder $\frac{1}{1000000}$ des Erdhalbmessers als Elle, Brasse, von 2 solchen Füßen anzusehen. Danach würde der Grad = 60000 Toisen à 6 geometr. Fuß sein. Er machte diesen Vorschlag in seinem Buch *Traité de la grandeur et de la figure de la terre*, Paris 1720, p. 158, welches er nach der 1718 erfolgten Beendigung der zweiten Gradmessung herausgab.

Allein auch dieser Vorschlag blieb unbeachtet. Unterdeß waren die Nachtheile einer großen Verschiedenartigkeit der in Frankreich üblichen Maße immer fühlbarer geworden, und als gegen Ausbruch der französischen Revolution der Drang zu Neuerungen in allen Dingen immer lebhafter auftrat, machten einige Personen ums J. 1788 den Vorschlag, auch mit den Mäßen und Gewichten eine radikale Umformung vorzunehmen.

Das hatte denn zur Folge, daß der bekannte Talleyrand im J. 1790 in der National-Versammlung (*Assemblée constituante*) den Antrag machte, die Versammlung möge dem König die Bitte vorlegen, den König von England zu ersuchen, zu einer solchen allgemeinen Maßreform mitzuwirken und Kommissare abzuordnen, die in Gemeinschaft mit den französischen sich mit Bestimmung der Normal-Einheit beschäftigen möchten, hergeleitet aus der

Pendellänge unter 45° nördl. Br. oder irgend einer anderen Breite.

Es wurde eine Kommission der Akademie ernannt diesen Vorschlag zu prüfen, bestehend aus fünf der ausgezeichneten Mathematiker, an denen Frankreich um jene Zeit so wunderbar reich war, nämlich **Borda, Lagrange, Laplace, Monge und Condorcet**. Am 19. März 1791 stattete diese Kommission ihren Bericht ab. Er ist merkwürdig wegen der Gründe, welche diese berühmten Männer zur Rechtfertigung ihres endlichen Beschlusses anführen. Als Elemente, welche zur Festsetzung eines Normalmaßes dienen können, nennen sie drei: 1) die Länge des Sekundenpendels; 2) den Quadranten des Erdäquators; 3) den Quadranten eines Erdmeridians.

Die Länge des Sekundenpendels verwarfen sie hauptsächlich aus dem Grunde, weil deren Bestimmung ein heterogenes Element, nämlich die Zeit, einschliesse. Den Quadranten des Aequators fanden sie nicht passend, weil es erstlich nicht gewiß sei, daß der Aequator genau einen Kreis darstelle, weil ferner seine Messung große Schwierigkeit habe, und weil endlich der Aequator nur wenigen Nationen in unwirthbaren Gegenden von Afrika und Amerika angehöre. Unter diesen Umständen entschieden sie sich für einen Quadranten des Erdmeridians, und riethen zur genauen Festsetzung desselben eine neue Gradmessung vorzunehmen, und zwar ohne Mitwirkung einer fremden Nation, aus dem etwas eitel klingenden Grunde, damit man in Zukunft wisse, welcher Nation man die Idee und die Ausführung der Bestimmung eines natürlichen Grundmaßes verdanke.

Trotz dieses Beschlusses rieth die Kommission auch die Länge des Sekundenpendels zu bestimmen, und sie mit dem festgesetzten Grundmaß dem Zehnmilliontel des Erdquadranten zu vergleichen. Das geschah denn auch, und zwar noch früher als die Gradmessung unternommen ward, am 15. Juni 1792 durch **Borda und Cassini**, und

durch diese, anfangs nur als beiläufige Verifikation ange-
sehene Messung ist eigentlich das Metermaß wahrhaft fest-
gesetzt worden, obwohl es zu derselben keine einfache
Relation besitzt.

Das große Experiment, welches die Franzosen in den
Jahren 1792 bis 1799 ausführten, hat nur den klaren
Beweis geliefert, daß die Idee von Huyghens den einfach-
sten und sichersten Weg zur Bestimmung fester Maße
darbietet, und das ist auch seitdem so allgemein anerkannt,
daß alle civilisirten Nationen, die nicht gradezu das fran-
zösische Maß angenommen, ihre Maße auf diese Weise
fixirt und regulirt haben.

Zum Schlusse dieses Artikels muß ich übrigens noch
anführen, daß die im J. 1799 beendete Gradmessung auf
den Beschluß des National-Instituts im J. 1806 noch weiter
nach Süden ausgedehnt wurde, um wo möglich, was schon
Méchain wünschte, die Mitte des gemessenen Bogens auf
den 45sten Breitengrad zu bringen. Biot und Arago über-
nahmen dies bedeutende Werk, und führten es auch trotz
großer Hindernisse und mehrmaliger Lebensgefahr glück-
lich ans Ziel. Durch diese Arbeit ist die Messung bis
zur Insel Formentera ausgedehnt, so daß sie sich also im
Ganzen erstreckt

von Dünkirchen $51^{\circ} 2' 9,55''$

bis Formentera $38^{\circ} 39' 56,16''$

$12^{\circ} 22' 13,39''$.

Der ganze Bogen hat eine Länge von 705 188,8 Toisen,
und seine Mitte fällt auf $44^{\circ} 51' 2,8''$. Durch diese Fort-
setzung ist die französische Gradmessung die größte in
Europa, nur übertroffen von der, welche die Engländer vom
J. 1802 an in Ostindien ausführten

von Kullianpoor $24^{\circ} 7' 11''$

bis Punna $8^{\circ} 9' 31''$

folglich die Länge $15^{\circ} 57' 40''$.

313. In dem Bisherigen habe ich eine Uebersicht
gegeben von dem im Laufe des XVIII. Jahrhunderts aus-
geführten experimentellen Untersuchungen zur Bestimmung

der Erdgestalt. Es bleibt mir nun noch übrig einige Worte zu sagen über die theoretischen Arbeiten der Mathematiker, die eine nothwendige Ergänzung zu den Messungen bilden, und in Verein mit ihnen erst eine wissenschaftliche Lösung der Aufgabe herbeiführen können. Der Natur der Sache nach muß ich mich auf wenige Data beschränken, da eine ausführlichere Erörterung der schwierigen Untersuchungen vor das Forum einer Geschichte der Mathematik gehört.

Die Aufgabe, welche durch die Frage nach der Gestalt der Erde hervorgerufen worden ist, besteht darin, welche Gestalt nimmt eine flüssige Masse bei Rotation um ihre Axe an, wenn sie zugleich der Schwerkraft und der Centrifugalkraft unterworfen ist. Die erste Vereinfachung, die man sich dabei erlaubte, war die Voraussetzung, daß die Dichtigkeit der Masse überall dieselbe sei, und die Schwerkraft allein ihren Sitz im Mittelpunkt habe. In diesem Sinne faßte Huyghens die Aufgabe, und kam zu dem Resultat, ohne die Gestalt richtig bestimmen zu können, daß die Abplattung $\frac{1}{578}$ sein müsse.

Ihm folgte Jakob Hermann aus Basel, geb. 1678, gest. 1733 zu Basel, ein ausgezeichnete Mathematiker. In seiner *Phoronomia*, Amstel. 1716, einem für die Zeit vortrefflichen Werke, entwickelte er nicht nur, daß man immer auf diese Abplattung $\frac{1}{578}$ komme, nach welcher Potenz, oder allgemein nach welcher Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt man auch die Schwerkraft gegen die Oberfläche hin abnehmen lasse, sobald nur, wie auf der Erde der Fall ist, die Centrifugalkraft klein sei gegen die Schwerkraft, sondern daß auch unter dieser Voraussetzung die Meridiane wirklich Ellipsen seien.

Unterdeß hatte Newton die Aufgabe unter dem naturgemäßerem Gesichtspunkt aufgefaßt, daß nicht bloß der Mittelpunkt auf die übrigen Theile anziehend wirke, sondern daß alle Theile gegen einander gravitiren, und indem er diesem Gesichtspunkt weiter nachging, fand er auf eine indirekte Weise für die Gestalt der Masse ein abgeplattetes Sphäroid von dem Axenverhältniß 230 : 231. Nach Newton

beschäftigte sich zunächst mit diesem Problem **James Stirling**, ein schottischer Mathematiker, und publicirte darüber die Abhandlung: *On the figure of the earth* in den Philos. Transact. 1735, worin er einige sehr hübsche Sätze hinzufügte, ohne die Lösung indess wesentlich zu erweitern.

Vom dritten Decennium des vorigen Jahrhunderts bekamen dann die Untersuchungen einen höheren Aufschwung, zunächst durch **Maclaurin** in: *A complete system of fluxions* 1742 — **Clairault**: *Théorie de la figure de la terre* 1743 — **d'Alembert**: *Recherches sur différents points importants du système du monde* 1754 — **Euler** in den Mém. de Berlin — **Dan. Bernoulli** in den Mém. de Pétersbourg — **Legendre** und **La Place** in den Mém. de Paris 1772 und 1784,

Durch die tiefen und umfassenden Untersuchungen dieser Mathematiker, deren Auseinandersetzung hier nicht mein Gegenstand sein kann, ist das Problem so in die Höhe geschraubt, daß man glauben sollte, es würde nichts mehr zu erforschen übrig lassen, wenn nicht noch die Untersuchungen, welche **Jacobi** und **Poisson** vor wenigen Jahren geliefert haben, gezeigt hätten, daß das Problem vom Gleichgewicht einer rotirenden flüssigen Masse von mathematischem Gesichtspunkt aus ein gleichsam unerschöpfliches ist. Ein großer Theil dieser Untersuchungen hat ein rein mathematisches Interesse, da den Rechnungen Voraussetzungen über die Dichtigkeit der Erde zu Grunde gelegt wurden, und nicht anders zu Grunde gelegt werden konnten, die wir zu verificiren außer Stande sind.

Es giebt aber auch einige theoretische Resultate, die von großer Wichtigkeit für die experimentellen Untersuchungen, und überhaupt für die Frage über die Gestalt der Erde sind. Dahin gehört zunächst der von **Maclaurin** aufgefundenen Satz, daß wenn die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt zunimmt, die Abplattung (α) sein muß

$$\frac{5}{4} \frac{f}{g_0} > \alpha > \frac{2}{5} \cdot \frac{5}{4} \frac{f}{g_0} = \frac{1}{2} \frac{f}{g_0},$$

wenn f die Centrifugalkraft und g_0 die Beschleunigung durch die Schwere am Aequator bedeutet, und da $\frac{f}{g_0} = \frac{1}{289}$, so wird $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{289} = \frac{1}{231} > \alpha > \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{289} = \frac{1}{576}$.

Nach Bessel's Rechnung ist nun die wahrscheinlichste Abplattung

$$\frac{R-r}{R} = \frac{1}{299,1528},$$

also in der That zwischen beiden Werthen, und somit geht daraus bestimmt hervor, daß die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt zunimmt.

Noch wichtiger ist der berühmte Satz, der nach seinem Urheber der Clairault'sche genannt wird,

$$\frac{g_{90} - g_0}{g_0} + \alpha = \frac{1}{2} \frac{f}{g_0},$$

oder allgemein

$$g_{\varphi} = g_0 \left[1 + \sin^2 \varphi \left(\frac{1}{2} \frac{f}{g_0} - \alpha \right) \right].$$

Dieser Satz gilt bei kugelähnlichen Sphäroiden, wie es die Erde ist, für jedes Gesetz ihrer inneren Dichtigkeit, und er ist darum so wichtig, weil er bis jetzt das einzige Mittel darbietet, um aus beobachteten Pendellängen die Gestalt der Erde zu finden, falls diese Gestalt ein Sphäroid ist. Clairault entwickelte diese Formel zuerst in den Philos. Transact. für 1738, und später ausführlicher in seinem schon oben genannten berühmten und noch jetzt sehr lesenswerthen Werke: *Théorie de la figure de la terre*, Paris 1743, pag. 305.

Rechnet man zu diesen Sätzen noch eine Formel, die Maupertuis in seinem Werke *Sur la figure de la terre etc. Amsterd. 1738* gegeben hat, um aus zwei gemessenen Breitengraden die Abplattung eines Sphäroids zu finden, so hat man eigentlich alles, was aus den Untersuchungen der Mathematiker des XVIII. Jahrhunderts an brauchbaren Resultaten zur experimentellen Bestimmung der Erdgestalt hervorgegangen ist, womit indels keineswegs gesagt sein soll, daß die rein theoretischen Untersuchungen und Resultate überflüssig wären.

Cassini.

314. Am Schluß dieses Abschnittes möge nun noch der Lebensverhältnisse derjenigen Männer gedacht werden, welche im Laufe des XVIII. Jahrhunderts bei der Untersuchung über die Erdgestalt von hervorragender Bedeutung waren.

Jacques Cassini, der jüngste Sohn des berühmten **Domenico Cassini** ward am 18. Februar 1677 zu Paris geboren (§ 244). Nach einer sorgfältigen Erziehung im väterlichen Hause machte er seine Studien im Collège de Mazarin zu Paris unter dem berühmten Mathematiker **Varignon**, und entwickelte sich so schnell, daß er bereits im 15. Jahr eine mathematische Thesis schrieb, und im 17., im J. 1694, zum Mitglied der Akademie erwählt wurde. Im folgenden Jahr machte er mit seinem Vater eine Reise nach Italien, um den von diesem in der Kirche des heil. Petronius zu Bologna gezogenen Meridian zu verificiren, und die geographische Breite mehrerer Städte zu bestimmen. Dann machte er eine Reise nach Holland, wo er ebenfalls mehrere Ortsbestimmungen vornahm, und einige Fehler in der von **Snell** ausgeführten Gradmessung entdeckte. Von Holland ging er nach England, wo er mit **Newton**, **Halley**, **Flamsteed**, **Gregory** und anderen Gelehrten bekannt wurde.

Als im J. 1712 der Vater starb, wurde er an dessen Stelle Astronom an der pariser Sternwarte, und war als solcher bis an sein Ende sehr thätig. In der Zahl der Abhandlungen, die er über astronomische Gegenstände schrieb, übertraf er sogar seinen Vater, denn während dieser 165 verfaßte, lieferte er für die *Mém. de Paris* sogar 172, aber freilich enthält deren keine auch nur eine so wichtige Entdeckung, wie sich deren mehrere unter des Vaters Arbeiten befinden. Außerdem schrieb er mehrere Abhandlungen physikalischen Inhalts, namentlich über die Zusammendrückung der Luft, über das Licht beim Reiben der Körper, den Einfluß des Windes auf das Thermometer, Anfertigung metallener und gläserner Hohlspiegel, das Auskochen des Barometers u. a. m.

Cassini dirigirte nicht allein nach seines Vaters Tode die im J. 1718 beendigte Meridianmessung, sondern auch die im J. 1735 ausgeführte Längengradmessung von Straßburg nach Brest, und veröffentlichte über die erstere den *Traité de la grandeur et de la figure de la terre, Paris 1720.*

Er erreichte wie sein Vater ein hohes Alter und würde vielleicht ebenso lange wie dieser gelebt haben, wenn ihn nicht auf der Straße das Unglück getroffen hätte, überfahren zu werden, in Folge dessen er am 15. April 1756 zu Paris starb. Sein Sohn

✓ César François Cassini, geb. 1714 zu Paris, trat in die Fußstapfen des Vaters und Großvaters, und wird gewöhnlich zur Unterscheidung von ihnen Cassini de Thury genannt, nach Thury dem Landgute seines Vaters. Sein Name hat sich zunächst erhalten durch die Revision, die er gemeinschaftlich mit La Caille an dem in Frankreich von 1700 bis 1718 gemessenen Meridian vornahm, und deren Resultate in den Mém. de Paris von 1744 veröffentlicht sind. Noch bekannter ist er durch die Generalkarte von Frankreich geworden, zu der er auf Befehl Ludwig's XV. im J. 1750 die topographischen Vermessungen mit einer jährlichen Bewilligung von 40 000 Frcs. begann, hierauf von 1756 an, da der Staat nichts mehr beizutragen vermochte, sie mit Hülfe einer Aktien-Gesellschaft weiter führte, und bis zu seinem Tode fortsetzte, ohne sie ganz vollendet zu haben.

Dieses Unternehmen, in solcher Größe das erste seiner Art, verschaffte ihm einen so großen Ruf, daß ihn der Kaiser Franz I. im J. 1760 nach Wien einlud, um für seine Staaten ein ähnliches vorzubereiten. Auch gab es Veranlassung, daß die Engländer ebenfalls eine Vermessung in ihrem Lande zum Anschluß an die französische begannen, wodurch u. A. auch die von General Roy angefangene und von Mudge beendete Gradmessung herbeigeführt wurde (§ 311).

Als Mitglied der Akademie, und nach des Vaters Tode als Direktor der Sternwarte, war er für die Astronomie

sehr thätig, wie das aus den 70 Abhandlungen hervorgeht, die er von 1735 bis 1770 in den *Mém. de Paris* veröffentlichte, doch hat er keine namhafte Entdeckung gemacht. Für die Physik wirkte er durch die Messung der Schallgeschwindigkeit 1738 mit La Caille und Maraldi.

Cassini de Thury starb 1784 zu Paris an den Blattern. Auch in seinem Sohne Jacq. Domin. Cassini Graf von Thury (1748 — 1845) lebte noch der astronomische Geist fort, er war Erbe der pariser Sternwarte (bis 1793) und der Karte von Frankreich, auch Mitglied der Akademie zu Paris, aber mit seinem Sohne, dem Vicomte Alexandre Henri Gabriel, Pair von Frankreich und Mitglied des Instituts für Botanik, geb. 1781, erlosch 1832 das berühmte Geschlecht.

La Hire. Mairan. Condamine. Ulloa.

315. Philippe de la Hire, den ich schon oft zu nennen Gelegenheit hatte, war geb. 1640 zu Paris. Er hatte ursprünglich die Absicht sich wie sein Vater, welcher Maler war, den schönen Künsten zu widmen, und machte auch in dieser Absicht eine Reise nach Italien. Allein nach einem dreijährigen Aufenthalt in diesem Lande sah er ein, daß er mehr Talent zu den exakten Wissenschaften habe, und verließ daher die Kunst. Kenntnisse und Eifer für seinen neuen Beruf erwarben ihm bald die Mitgliedschaft der pariser Akademie, und in dieser Stellung nahm er Theil sowohl an der Picard'schen Gradmessung, als an der, welche 1683 unter Domenico Cassini begonnen, aber bald unterbrochen ward.

Seine Thätigkeit war außerordentlich. Zwischen den Jahren 1678 und 1718 hat er nicht weniger als 244 Abhandlungen über fast alle Zweige der exakten Wissenschaften geschrieben, außer mehreren eigenen Werken und außer den Werken einiger Freunde, deren Herausgabe er besorgte, wie z. B. *Traité du nivellement*, Paris 1684 von Picard und dem *Traité du mouvement des eaux*, Paris 1686

von **Mariette**. Leider muß man aber bekennen, daß unter seinen Arbeiten keine von rechter Bedeutung ist. Er starb 1718 zu Paris. Sein Sohn

Gabriel Philippe de la Hire (1677—1719), der ebenfalls Mitglied der pariser Akademie war, hat sich hauptsächlich nur als Theilnehmer an der Cassini'schen Gradmessung bekannt gemacht, obwohl die pariser Mém. mehrere physikalische Abhandlungen von ihm aufzuweisen haben.

Jean Jacques d'Ortous de Mairan wurde geb. 1678 zu Béziers. Nach Beendigung seiner Studien zu Toulouse ging er nach Paris, um dort der Mathematik und Physik zu leben, was ihn seine glücklichen Vermögensumstände ohne Nachsuchung eines Amtes erlaubten.

Seinen Ruf begründete er zunächst durch seine *Dissert. sur les variations du baromètre*, Paris 1715, welche das Glück hatte von der Akademie zu Bordeaux als Preisschrift auf die von ihr über diesen Gegenstand gestellte Frage gekrönt zu werden, obwohl sie, wie schon erwähnt (§ 299), manche Blößen darbot. Diese Schrift und eine im folgenden Jahr veröffentlichte *Dissertation sur la glace*, Paris 1716, die gleichfalls von der Akademie zu Bordeaux gekrönt ward, verschafften ihm den Eintritt in die pariser Akademie. Von der Zeit an publicirte er eine große Zahl von Abhandlungen über verschiedene Gegenstände der Physik, die ihm unter seinen Landsleuten damaliger Zeit ein bedeutendes Ansehn erwarben, ihn aber doch nicht als einen Physiker von Auszeichnung dokumentiren. Seine Anhänglichkeit an die Cartesius'schen Wirbel und eine Menge unhaltbarer Hypothesen, mit denen er uns beschenkt hat, legen genügende Beweise davon ab.

Seine bedeutendste Beobachtung ist wohl die über die Lage der Nordlichtkrone (§ 303), die mehr Werth hat, als sein ganzer *Traité de l'aurore boréale*, Paris 1733. Außerdem könnte man von seinen Verdiensten noch nennen den Gebrauch des abgekürzten Barometers zur Messung der Luftspannung unter der Kampane der Luftpumpe, welche

von Dufay in den Mém. des Paris 1734 beschrieben ward.¹⁾ Ferner mehrere Beobachtungen über die Festigkeit, Verdunstung und andere Eigenschaften des Eises in seiner oben genannten *Dissert. sur la glace*²⁾.

Uebrigens war Mairan ein Mann von großen Kenntnissen und vielseitiger Bildung, auch in den schönen Künsten bewandert und selbst Virtuos. Er hatte, wie es die Franzosen nennen *grâces du style*, und diese gute Eigenschaft, auf welche wir Deutsche leider im Allgemeinen zu wenig Werth legen, verschaffte ihm nach Fontenelle's Tod 1740 das Amt eines Sekretärs der Akademie. Er starb zu Paris 1771 in dem hohen Alter von 93 Jahren.

Charles Marie de la Condamine, geb. zu Paris 1701, war der Sohn des General-Steuereintnehmers der Provinz Bourbonnois, Charles de la Condamine. In der Schule zeichnete er sich weder durch Fleiß noch Talente aus, legte aber schon frühzeitig Beweise von Muth und Entschlossenheit ab, und diese Eigenschaft trieb ihn zunächst zum Kriegerstande. In Begleitung eines Onkels, der Rittmeister in dem Dragoner-Regiment Dauphin war, machte er in seinem 19. Jahr als Freiwilliger die Belagerung von Rosas mit, und benahm sich dabei mit großer Kaltblütigkeit. Der bald darauf erfolgte Friede und die geringe Aussicht auf Beförderung bewogen ihn das Schwert gegen die Wissenschaften zu vertauschen, denen er sich nun mit solchem Eifer widmete, daß er 1730 als Adjunkt der Chemie in die pariser Akademie aufgenommen ward.

Im J. 1731 machte er an Bord einer französischen Eskader eine Reise nach der afrikanischen Küste und der Levante, besuchte Jerusalem und Konstantinopel, und gab nach Beendigung derselben heraus *Observations astronomiques et météorologiques faites dans un voyage du Levant en 1731 et 1732, Paris 1732*. Die Qualifikationen, die er hierbei als Reisender entwickelte, waren es vermuthlich,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 171.

²⁾ Ibid. III, 297.

welche veranlaßten, daß man ihm einen Hauptantheil an der Expedition nach Peru im J. 1735 übertrug, und diese Wahl war gewiß ganz zweckmäßig, da die Expedition sehr oft in den Fall kam, daß ihr ein unternehmender Mann nöthig war. Im Mai 1743 verließ Condamine Peru, und machte begleitet von einem einzigen Diener die gefährvolle Reise auf dem Amazonenstrom nach Cayenne. Dort mußte er 5 Monate warten, bis er ein Schiff zur Ueberfahrt nach Europa fand, und dieser lange Aufenthalt in dem heißen Klima war für seine Gesundheit äußerst nachtheilig.

In Paris erregte er nach seiner Rückkehr große Sensation. Die mannichfachen Abenteuer, die er erlebt und die angenehme Weise, wie er sie in den geselligen Kreisen zu erzählen wußte, bewirkten, daß er in dem Streite mit **Bouguer** die Pariser größtentheils auf seiner Seite hatte, wenigstens alle diejenigen, die **Bouguer's** wahre Verdienste nicht zu schätzen wußten. Unter mannichfachen wissenschaftlichen Arbeiten und einigen Reisen nach Italien und England lebte er bis zum J. 1763, wo er von einer Lähmung der Extremitäten befallen wurde, die ihn zu allen anstrengenden Beschäftigungen untauglich machte. Er warf sich nun auf die Poesie, machte Gedichte, schrieb Erzählungen und übersetzte einen Theil der Aeneide. Zu der Lähmung trat später ein Darmbruch, und dieser führte endlich am 4. Februar 1774 seinen Tod herbei.

Wiewohl Condamine'n die höhere Begabung eines Physikers abging, so muß man doch anerkennen, daß er auf seiner amerikanischen Reise keine Gelegenheit zur Anstellung nützlicher physikalischer Beobachtungen verabsäumte. Er beobachtete fleißig die Magnetnadel, maß die Schallgeschwindigkeit in Quito und Cayenne, fand sie dort 339 Meter, hier 357 Meter und bestimmte die Pendellänge zu Para unter 1° 28' Br. Auch machte er gemeinschaftlich mit **Bouguer** die erste Beobachtung über die Anziehung der Berge auf das Senkblei. Er machte sie am Chim-

borasso, und fand sie aus mehreren auf der Nord- und Südseite des Berges gemessenen Höhen der Sterne 7" bis 8".¹⁾

Die Denkschriften der pariser Akademie bereicherte er mit 20 und einigen Abhandlungen, von denen hier nur erwähnt sein mögen: eine über ein unveränderliches Maß, welches er in der Pendellänge unter dem Aequator sah;²⁾ eine über das zu seiner Zeit von Fresneau zu Cayenne entdeckte Kautschuck, résine elastique,³⁾ und eine über die Blatternimpfung, wofür er sich wohl besonders deshalb interessirte, weil er selbst in der Jugend sehr durch die Blattern entstellt worden war.⁴⁾

Don Antonio de Ulloa, geb. 1716 zu Sevilla. Ueber diesen ausgezeichneten Seeofficier, von dem wir über die amerikanische Expedition ein eigenes Werk besitzen: *Relacion historica del viaje a la America meridional, Madrid 1748*, will ich nur bemerken, daß er nach Beendigung derselben wieder in den Flottendienst trat, und lange Zeit bei seiner Regierung in hohem Ansehn stand. So wurde er im J. 1762 als Chef eines Geschwaders ausgesandt, um das an Spanien abgetretene Louisiana in Besitz zu nehmen. Seine letzte Kriegsthat war ein Kreuzzug nach den Azoren, welcher die Wegnahme einer von Ostindien zurückkehrenden englischen Kauffahrtei-Flotte bezwecken sollte. Aber Ulloa versäumte die Gelegenheit und ließ die Engländer entweichen, weil er, wie man sagt, mit Beobachtungen beschäftigt die ihm mitgegebene versiegelte Order zu spät eröffnete. Er wurde deshalb vor ein Kriegsgericht gestellt, seiner wissenschaftlichen Verdienste wegen zwar frei gesprochen, aber vom Dienst entlassen. Er lebte von nun an in Zurückgezogenheit auf der Insel Leon bei Cadix, wo er 1795 starb.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 30.

²⁾ Mém. de Paris 1747, p. 489.

³⁾ Ibid. 1751, p. 319.

⁴⁾ Ibid. 1754 und 1758.

**Maupertuis. Le Monnier. Camus. Outhier.
Maclaurin.**

316. **Pierre Louis Morean de Maupertuis** stammte von vornehmen Eltern, und wurde 1698 zu St. Malo geboren. Gleich **Condamine** widmete er sich anfangs dem Kriegsdienst, und brachte es darin bis zum Dragonerkapitän. Dann nahm er aber seinen Abschied und legte sich auf die Wissenschaften, die er mit solchem Eifer betrieb, daß man ihn 1723 zum Mitglied der pariser Akademie ernannte. Als solches zeichnete er sich zunächst dadurch aus, daß er, was damals in Paris noch ein Wagstück war, Parthei für **Newton** gegen **Descartes** nahm, wozu wohl eine Reise nach England die besondere Veranlassung gegeben hatte. Eine Reise nach Basel zu den **Bernoulli's**, mit denen er Freundschaft schloß, gewann ihn für die neue Lehre in der Mathematik, und soll ihm auch den ersten Gedanken zu der Expedition nach Norden gegeben haben.

Nach Beendigung dieser Expedition wurde er im J. 1740 von Friedrich dem Großen nach Berlin berufen, um die Direktion der neu einzurichtenden Akademie zu übernehmen. Als er ankam war der König gerade auf dem Feldzug in Schlesien. Er eilte ihm nach, und nahm Theil an der Schlacht von Mollwitz; er wurde gefangen und nach Wien gebracht, wo der Kaiser ihn aber mit großer Auszeichnung behandelte, und bald wieder in Freiheit setzte. Im J. 1745 ließ er sich förmlich in Berlin nieder, verheirathete sich mit einem Fräulein Bork aus Pommern und übernahm 1746 das Präsidium der Akademie. In dieser Stellung verblieb er 10 Jahre, worauf er 1756 mißvergnügt über mancherlei literarische Streitigkeiten, in die er sich z. B. mit **Voltaire** verwickelt sah, nach Frankreich zurückkehrte und einige Jahre darauf zu Basel 1759 starb.

Als Physiker hat sich **Maupertuis** nicht bekannt gemacht, es sei denn, man wolle das von ihm aufgestellte Princip der kleinsten Wirkung (*principe de la moindre*

quantité d'action) zur Physik rechnen, durch welches er mit dem Prof. **Samuel König** im Haag und später mit **Voltaire** in einen sehr lebhaften Streit gerieth. **Maupertuis** nennt *Quantité d'action*, Gröfse der Wirkung, das Produkt aus Masse, Geschwindigkeit und zurückgelegtem Weg, und sein Princip ist, dafs dieses Produkt immer ein Minimum sei, sowohl in der Mechanik beim Stofs z. B. wie in der Optik bei der Brechung.¹⁾ In seiner Kosmologie bemüht er sich sogar dieses Sparsamkeitsgesetze als eine unmittelbare Folge aus den Eigenschaften des göttlichen Wesens darzustellen.

Pierre Charles Le Monnier, geb. 1715 zu Paris, wo sein Vater Professor der Philosophie am Collège d'Harcourt und Mitglied der Akademie war. Seine Entwicklung nahm einen sehr raschen Gang, schon im 16. Jahr machte er astronomische Beobachtungen, und bereits im 21. ward er Mitglied der Akademie. Als Astronom war er auch nach der lappländischen Expedition sehr thätig, und machte sich um die pariser Sternwarte namentlich dadurch verdient, dafs er 1741 das Passage-Instrument sowie andere von **Graham** verfertigte Instrumente auf derselben einführte. Er war der Lehrer von **La Lande**.

Als im J. 1791 das National-Institut gegründet wurde, ernannte man ihn zu einem der 44 Mitglieder desselben. Als Physiker ist er aufser einigen mit **Cassini** über das Barometer gemachten Beobachtungen wegen seiner Arbeiten über die Gesetze des Magnetismus und die Theorie der Winde zu nennen. Er starb 1799 zu Héril bei Bayeux.

Charles Etienne Louis Camus, geb. 1699 zu Cressy, der Sohn eines Chirurgen daselbst. Seine schon frühzeitig sich äufsernde Neigung zu mathematischen Studien ward unter des berühmten **Varignon** Leitung besonders auf angewandte Mathematik gelenkt, auf Baukunst, Navigation, Maschinenkunde und Astronomie, in welchen er es bald so weit brachte, dafs er 1727 einen von der Akademie

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 92, 463.

ausgesetzten Preis auf die beste Methode zur Bemastung der Schiffe gewann. Diese Preisschrift verschaffte ihm auch den Eintritt in die Akademie als *Mécanicien adjoint* an Pitot's Stelle, so wie er denn 1730 in Folge einer Abhandlung über beschleunigte Bewegung durch lebendige Kräfte (*forces dans les corps en mouvement*) Mitglied der Akademie der Baukunst wurde.

Auf der lappländischen Expedition war er nicht bloß als Astronom, sondern auch als Mechanikus thätig und sehr nützlich. Sowohl vor als nach dieser Expedition bereicherte er die pariser Memoiren durch eine lange Reihe sehr schätzbaren Abhandlungen, theils mathematischen Inhalts, theils aus dem Gebiet der reinen und angewandten Mechanik; auch hinterließ er bei seinem Tode eine bedeutende Zahl von Manuskripten ähnlichen Inhalts. Er starb 1768 zu Paris.

Alexis Claude Clairault war das zweite der 21 Kinder von Jean Bapt. Clairault, einem Lehrer der Mathematik in Paris, und wurde geboren 1713. Das mathematische Talent war in dieser Familie erblich, aber in Alexis entfaltete es sich am frühesten und ausgezeichnetsten. Schon im vierten Jahr konnte er nicht allein lesen und schreiben, sondern auch die Elemente der Arithmetik und Geometrie begreifen; im neunten studirte er Guisnée's Anwendung der Algebra auf die Geometrie und im zehnten l'Hôpital's Analysis des Unendlichen. Nicht mehr als 11 Jahr war er, als er heimlich, meistens bei Nacht, eine Abhandlung über vier Kurven des dritten Grades schrieb, die, als der Vater sie der pariser Akademie überreichte und dabei den Knaben als Verfasser vorstellte, die größte Sensation erregte, so daß der alte Reyneau, der Lehrer von d'Alembert, in Freudenthränen über ein so wunderbares Talent ausbrach. Die Abhandlung ist durch die *Miscellanea berolinensia* von 1724 veröffentlicht.

Einige Jahre darauf folgte eine andere Abhandlung über die Kurven mit doppelter Krümmung, welche 1730 gedruckt wurde, versehen mit einem Zeugniß der Akademie,

worin sie sagt, daß **Clairault** im 16. Jahr geleistet, was den berühmtesten Mathematikern zur Ehre gereicht haben würde. Die Akademie ging nun mit dem Plan um das junge Genie zu ihrem Mitglied zu machen, und da in den Statuten festgesetzt war, daß ein Akademiker das 20. Jahr vollendet haben müsse, so wandte sie sich an den König, um für **Clairault** eine Ausnahme zu bewirken. Sie wurde bewilligt, und so trat er am 14. Juli 1731 als 18 jähriger Jüngling in die gelehrte Körperschaft ein.

Kurz darauf verlor **Alexis** seinen jüngeren Bruder, der ein gleiches Talent wie er zur Mathematik zu entfalten schien, und dieser Todesfall machte einen solchen Eindruck auf ihn, daß **Maupertuis**, der für seine Gesundheit fürchtete, ihm rieth die Reise nach Basel zu den **Bernoulli's** mitzumachen. Dort fand er neue Nahrung für seine Wissenschaft, und als er nach seiner Rückkehr die Akademie in lebhafter Diskussion über die Erdgestalt antraf, war dies ein Sporn für ihn sich auch an diesem Problem zu versuchen, zu dessen Lösung er durch seine *Théorie de la figure de la terre, Paris 1743* einen so wichtigen Beitrag lieferte.

Im J. 1747 betheiligte er sich mit **Euler** und **d'Alembert** an der Lösung des schwierigen Problems der drei Körper. Sonderbar genug ergaben die drei Untersuchungen, obwohl sie ganz unabhängig von einander gemacht waren, für die Bewegung des Mond-Apogeums nur die Hälfte des beobachteten Werthes. Das frappirte **Clairault**. Er schlug vor an dem **Newton'schen** Gravitationsgesetz eine kleine Korrektion zu machen, um Rechnung und Erfahrung in Uebereinstimmung zu bringen. Allein da sich **Buffon** diesem Vorschlag widersetzte, nahm **Clairault** seine Rechnung nochmals wieder vor, und fand zu seiner Freude, daß die Abweichung seiner und seiner berühmten Mitbewerber Resultate nur aus der Vernachlässigung gewisser kleiner Glieder in einer Reihe entsprungen war. Er gewann dadurch den Preis, den die petersburger Akademie

im J. 1751 auf die vollständige Lösung des Problems gesetzt hatte.

Sehr groß ist die Zahl der Abhandlungen, die er in den pariser Denkschriften über wichtige und schwierige Gegenstände der Mathematik und Astronomie veröffentlicht hat, und die zu specificiren nicht in meinem Plane liegen kann. Clairault's Arbeiten sind zwar sämmtlich mathematischen Inhalts, doch betreffen auch einige die Physik. Dahin gehört zunächst ein Abschnitt des erwähnten Werkes *Théorie de la figure de la terre*, welcher bemerkenswerth ist, insofern er die erste Theorie von der Kapillar-Attraktion enthält. Dann ferner drei Abhandlungen über die Vervollkommnung der achromatischen Fernröhre in den *Mém. de Paris* 1757 und 1762, und endlich eine Abhandlung über konische Pendelschwingungen in denselben Denkschriften 1735.

Clairault war thätig bis an sein Lebensende, welches 1765 eintrat in Folge davon, daß er sich einmal von einem Freunde überreden liefs gegen seine Gewohnheit zu Abend zu speisen.

Der Abbé Reginaud Outhier war geb. 1694 zu Lamare Jousserand, Baillage de Poligni. Vor der lappländischen Expedition war er Vikar zu Montain bei Lons-le-Saulnier, nachher erhielt er ein Kanonikat bei Bayeux, dem er aber bald entsagte und sich in den Ruhestand zurückzog, da er vom Könige eine Pension erhielt. Er starb 1774 zu Bayeux.

Colin Maclaurin, aus einer alten schottischen Familie, wurde geb. 1698 zu Kilmoddan bei Inverary. Wie meistens die mathematischen Genies entwickelte er sich sehr früh; schon in seinem 16. Jahr fand er viele der Sätze, die er 1720 in der *Geometria organica* veröffentlichte. In seinem 19. Jahre wurde er bereits Professor der Mathematik am Marishal College zu Aberdeen. Eine Reise nach Paris gab ihm Veranlassung, sich um den von der dortigen Akademie ausgesetzten Preis auf die Lösung des Problems

vom Stofs der Körper zu bewerben. Seine Abhandlung wurde gekrönt 1724, und damit war sein Ruf in der großen Welt gegründet.

Im J. 1725 erwählte man ihn, hauptsächlich auf die Empfehlung von Newton, der sein großes Talent erkannt hatte, an die Stelle des verstorbenen James Gregory zum Professor an der Universität von Edinburgh. Zwanzig Jahre bekleidete er diese Professur in ungestörter Ruhe mit großer Auszeichnung, als politische Stürme über sein Vaterland hereinbrachen, und sein Lebensende verbitterten. Eduard, ein Enkel Jakob's II. landete 1745 in Schottland, und ein großer Theil der Schotten, abhold der Union mit England, scharte sich um diesen Sprößling der Stuarts, um die Engländer zu vertreiben. Maclaurin hielt es mit der englischen Parthei, und einem zweiten Archimedes gleich, wirkte er mit großem Eifer dahin, daß die Stadt Edinburgh sich dem Prätendenten widersetzte; er selbst war Tag und Nacht bei Sturm und Regen mit Anlage von Festungswerken beschäftigt. Aber die Anstrengungen waren vergeblich, Edinburgh fiel in die Hände der Rebellen, ehe die Hülfe aus England anlangte. Maclaurin flüchtete zum Erzbischof von York, wo er zwar die liebevollste Aufnahme fand, aber kurz darauf in Folge einer durch die ungewohnten Anstrengungen herbeigeführten Krankheit 1746 starb.

Von seinen hauptsächlich mathematische Gegenstände behandelnden Schriften hat für die Physik ein besonderes Interesse die Abhandlung *De causa physica fluxus et refluxus maris*, welche 1740 ebenfalls von der pariser Akademie gekrönt wurde.

Akustik.

317. Dieser seit Galilei's Zeit im Ganzen wenig kultivirte Zweig der Physik begann am Ende des XVII. Jahrhunderts größere Theilnahme zu erregen, und namentlich die Aufmerksamkeit der Mathematiker auf sich zu ziehen, die ihn im Laufe des XVIII. bedeutend vervollkommneten.

Den ersten Impuls zur mathematischen Behandlung der Akustik gab unstreitig Newton durch die Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, welche er in seinen Principien von 1687 aufstellte. Sie hatte indess vor der Hand keinen Einfluß auf die experimentellen Bestimmungen dieser Geschwindigkeit, und ebenso wenig versuchte oder verstand man die Abweichung derselben von der Erfahrung zu erklären. Es ergab sich daraus, wie früher erwähnt (§ 289), nur eine Geschwindigkeit von 906 par. Fuß.

Unterdeß liefs man es an gelegentlichen Messungen nicht fehlen. Zu den früheren von

Gassendi ¹⁾	1473 par. Fuß
Mersenne	1380 -
Florentiner Akademiker	1077 -

traten zu Newton's Zeit noch hinzu

Boyle	1126 par. Fuß
Dom. Cassini, Huyghens, Picard, Römer	1097 -
Walker	1255 -
Roberts	1220 -
Flamstead und Halley	1071 -

die sich jedoch alle weder durch große Genauigkeit noch durch sonst einen Umstand auszeichneten. Der erste, der eine speciellere Untersuchung der auf die Schallgeschwindigkeit einfließenden Umstände vornahm, war Derham im J. 1705 (§ 301). Er entdeckte zuerst den Einfluß des Windes auf diese Geschwindigkeit, den die florentiner Akademiker noch geläugnet hatten ²⁾. Dann ermittelte er, daß diese Geschwindigkeit gleichförmig sei, was allerdings schon in Newton's Formel liegt; daß ein starker und schwacher Schall, ein Pistolenschuß und ein Hammerschlag sich gleich schnell fortpflanzen; daß es ebenfalls keinen Einfluß habe, ob der Schuß einer Kanone oder Pistole auf den Beob-

¹⁾ Seine Angabe soll ein Resultat von Mersenne sein. Musschenbroek, *Introduct.* II p. 920, § 2231.

²⁾ *Philos. Transact.* 1708; abridg. V, 380.

achter hingerichtet oder von ihm abgewandt sei, und daß der Schall in Richtung von oben nach unten mit derselben Geschwindigkeit wie horizontal fortgepflanzt werde.

Als Mittel fand er für die Geschwindigkeit des Schalles wie Halley 1142 engl. Fufs = 1071 par. Fufs. Seine Standlinien gingen dabei von 1 bis 13 engl. Meilen, bei Cassini, Huyghens u. s. w. betrug sie nur 1280 Fufs. Die Zeit wurde durch ein Pendel gemessen, das halbe Sekunden schlug. Die Beschaffenheit der Luft und des Wetters sowie die Tageszeiten fand er ohne Einfluß, was indess wegen Temperaturverschiedenheit nicht ganz richtig sein kann.

Außer auf die Geschwindigkeit richtete er seine Aufmerksamkeit auch auf die Stärke des Schalles. Im Allgemeinen fand er den Schall im Sommer und bei westlichen Winden schwach, dagegen bei Winterkälte, bei Ost- und Nordwinden stark und scharf. Er beobachtete aber auch die Anomalien, die sich bei den neuesten Messungen dieser Art herausgestellt haben, und bis jetzt noch nicht hinlänglich erklärt sind. Zuweilen blieb der Schall des abgefeuerten Geschützes bei regnerischem Wetter, ja selbst bei starken Regengüssen ganz ungeschwächt, wie schon Kircher zu Rom beobachtet hat, während er zu anderen Zeiten, bei ganz heiterem Himmel, wenn noch dazu der Wind vom Geschütz herwehte, fast kaum gehört wurde. Derham konnte in diesen Anomalien keine Beziehung zum Barometerstand entdecken; er überläßt die Erklärung derselben Anderen, und setzt noch hinzu, er wolle es ihnen zur Entscheidung anheimstellen, ob die Luft selbst, oder gewisse ätherische, subtile, gasige oder gröbere Theile derselben das eigentliche Vehikel des Schalles seien.

Man sieht hieraus trotz der Zurückhaltung, daß Newton's Ideen über die Schallfortpflanzung in der Luft doch noch nicht ganz feste Wurzeln in den Köpfen der Physiker geschlagen hatten. Einen ferneren Beweis darüber giebt uns Mairan. Ueberrascht davon, dass eine und dieselbe Luftmasse zu gleicher Zeit außerordentlich viele und verschiedenartige Töne fortpflanzen kann, glaubte er

annehmen zu müssen, daß die atmosphärische Luft aus Theilchen von verschiedener Elasticität bestehe, von denen jede Klasse einen bestimmten Ton fortpflanze. Er sprach diese subtile Idee 1719 in der pariser Akademie aus, und entwickelte sie später in einer besonderen Abhandlung: *Discours sur la propagation du son, Mém. de Paris 1737*. Derham suchte auch aus seinen Untersuchungen verschiedene nützliche Folgerungen zu ziehen, und machte u. A. darauf aufmerksam, daß man bei Kenntniß der Schallgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Blitz und Donner die Entfernung eines Gewitters bestimmen könne.

Im J. 1738 ließ die pariser Akademie durch eine Kommission, bestehend aus Cassini de Thury, Maraldi und La Caille, eine neue Messung der Schallgeschwindigkeit vornehmen. Die Messung wurde mit vieler Umsicht ausgeführt, und ihr Endresultat ist auch wohl genauer als das Derham'sche, es ergab 173 Toisen = 1038 par. Fuß; allein ganz vom Einfluß des Windes befreit ist es doch auch nicht, weil die Schüsse nicht von zwei Stationen wechselseitig geschahen, was dazu nothwendig ist. Im Uebrigen bestätigten die Akademiker nur, was Derham beobachtet hatte, und wie dieser richteten sie ihre Aufmerksamkeit nicht besonders auf den Einfluß der Temperatur, der bei ihren Messungen zwischen 5° und 7,5° C. schwankte.

Der erste, der daran zweifelte, daß die Schallgeschwindigkeit bei allen Temperaturen dieselbe sei, ist der Italiener Bianconi. Er stellte, um diesen Zweifel aufzuhellen, im J. 1740 einige Messungen zu Bologna an, indem er die zu diesem Behufe auf der Festung der Stadt abgefeuerten Kanonenschüsse aus dem 30 Miglien entfernten Kloster Urbano beobachtete, einerseits im Sommer bei + 28° R., und andererseits im Winter bei — 1,2° R. Im ersten Falle zählte er zwischen Blitz und Knall 76 Pendelschläge, im letzteren 79, also war bewiesen, daß Temperaturerhöhung die Schallgeschwindigkeit beschleunigt. Er beschrieb diese Versuche unter dem Titel: *Della diversa velocità del suono*,

Venezia 1746, auch: *Commentarii de Bononiensi scientiarum et artium instituto et academia II. 1. 365.* — Giov. Ludov. Bianconi, Graf, geb. 1717 zu Bologna, gest. 1781 zu Perugia, war besonders als Arzt berühmt.

Dasselbe Resultat ging auch aus den Beobachtungen von Condamine hervor, welche derselbe im J. 1740 zu Quito und 1744 zu Cayenne angestellt hatte; danach betrug die Schallgeschwindigkeit in Quito 339 Meter, in dem beträchtlich wärmeren Cayenne dagegen 357 Meter¹⁾. Allein im Ganzen wurden diese Wahrnehmungen nicht beachtet, und man kann wohl sagen, daß der Einfluß der Temperatur auf die Schallgeschwindigkeit erst durch diejenigen Beobachtungen Geltung bekam, welche Benzenberg 1811 zu Düsseldorf und zwar grade in Rücksicht auf die Temperatur anstellte²⁾.

318. Der Widerspruch, der aus den wiederholten Messungen der Schallgeschwindigkeit zwischen der Erfahrung und der Newton'schen Theorie hervorging, mußte natürlich über lang oder kurz die Aufmerksamkeit der Mathematiker in hohem Grade erregen. Der erste, der ihn öffentlich zur Sprache brachte, war wohl Gabriel Cramer (1704—1752), Prof. der Mathematik zu Genf. Er glaubte gefunden zu haben, daß der Beweis der Propos. 47 bei Newton nicht konklusiv sei, und ebensowohl zu ganz falschen Schlussfolgerungen gebraucht werden könne³⁾, gegen welche Behauptung indeß Jacquier und Le Sueur, die Uebersetzer und Kommentatoren von Newton's Principien, Protest einlegten.

Hierauf betrat Euler dies Feld. In einer Schrift: *Conjectura physica circa propagationem soni et luminis, Berol. 1750* prüft er die Newton'sche Theorie, und findet sie für die Fortpflanzung eines einzigen Impulses ganz richtig, meint aber, daß wenn mehrere Impulse aufein-

¹⁾ Mém. de Paris 1745.

²⁾ Gilbert, Ann. XXXV, 383.

³⁾ Lettre de Mr. Cramer du mois de Juil. 1740 im Journ. des Savants 1741, p. 177.

ander folgen, vielleicht ein jeder durch die nächst folgenden beschleunigt werde. Diese Meinung war offenbar irrig, denn wenn dem so wäre, so müßten höhere Töne, bei denen die Impulse schneller aufeinander folgen, rascher fortgepflanzt werden als tiefere, was doch nicht der Fall ist. Euler selbst sah dies später ein, und nahm seine Meinung zurück in der Abhandlung *De la propagation du son*, *Mém. de Berlin* 1759, allein damit blieb der Widerspruch bestehen.

Nach Euler nahm Lagrange den Gegenstand auf, und schrieb darüber zwei Abhandlungen: *Recherches sur la propagation du son*, *Miscellanea taurinensia* I. 1759 und *Nouvelles recherches sur la prop. etc.*, *ibid.* II. 1762. In der letzten Schrift glaubte er, der Widerspruch ließe sich wohl heben, wenn man annehme, das Mariotte'sche Gesetz sei nicht ganz richtig, die Luft sei in einem geringeren Verhältniß als dem der Drucke komprimierbar, oder $\frac{v'}{v} < \frac{p}{p'}$. Dagegen meinte Sulzer in Berlin¹⁾, die Luft müsse hierzu in einem stärkeren Verhältniß als dem der Drucke komprimierbar sein. Diese Ansicht war offenbar falsch, die von Lagrange aber richtig, nur mußte allerdings zuerst nachgewiesen werden, daß das Mariotte'sche Gesetz in dem angegebenen Sinne unrichtig sei und zwar so stark, als es zur Hebung des Widerspruchs erfordert wird.

Dies muß Lagrange selbst späterhin nicht für wahrscheinlich gehalten haben, denn in seiner letzten Abhandlung über diesen Gegenstand sucht er die Abweichung der Theorie von der Erfahrung davon abzuleiten, daß die bisherigen Messungen fehlerhaft seien²⁾. Das war aber ein Vorwurf, der bei näherer Prüfung auch nicht Stich halten konnte, denn wenn gleich die Messungen nicht den letzten Grad von Genauigkeit besaßen, so konnten sie doch unmöglich um $\frac{1}{8}$ des ganzen Werthes irren. Lagrange's

¹⁾ *Mém. de Berlin* 1753.

²⁾ *Ibid.* 1786.

letzte Meinung hob die Schwierigkeit ebenso wenig wie die Hypothese des verdienstvollen Lambert, welcher wollte, daß heterogene Theile in der Luft vorhanden seien, welche das Gewicht aber nicht die Elasticität derselben vermehrten, und den Schall fortleiteten ¹⁾).

So blieb denn während des ganzen XVIII. Jahrhunderts die Abweichung der Newton'schen Theorie von der Erfahrung ein unerklärliches Paradoxon, bis endlich Laplace ums J. 1816 zeigte, daß es allerdings in dem Mariotte'schen Gesetze seinen Grund habe, welches hier einer Korrektion bedürfe, da bei der Fortleitung der Schallwellen Wärme entwickelt und verschluckt, somit die Elasticität geändert, und die Komprimirbarkeit vermindert wird.

319. Mit den Untersuchungen über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in Luft stehen im nächsten Zusammenhang diejenigen über die Stärke desselben in Luft von verschiedener Dichtigkeit. Daß die Schallstärke mit der Dichte abnehme, hatte schon O. v. Guericke beobachtet, indem er eine Glocke mit Uhrwerk unter die Kampane seiner Luftpumpe brachte und evakuirte. Je mehr Luft er auspumpte, desto schwächer ward der Schall, und zuletzt verschwand er gänzlich (§ 189).

Denselben Versuch wiederholte Hawksbee im J. 1705, und modificirte ihn später auf eine ganz artige Weise ²⁾. Er evakuirte den Zwischenraum zweier konzentrischer Kugeln, von denen die innere mit der äußeren Luft durch eine offene Röhre communicirte, und außer Luft auch die Glocke enthielt. So lange die Röhre offen war, hörte man die Glocke sehr deutlich, verschloß er aber die Röhre, so war der Klang nur sehr schwach. Schon im J. 1705 hatte Hawksbee auch den umgekehrten Versuch gemacht. Er hatte eine Glocke in eine Glaskugel mit Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit eingeschlossen; wenn dann der Klöppel an die Glocke schlug, hörte man sie auf eine

¹⁾ Mém. de Berlin 1768.

²⁾ Philosoph. Transact. 1705, 1709; abridg. V, 203, 500.

Entfernung von 30 Yards. Nun verdichtete er die Luft auf das Doppelte, da hörte er die Glocke ebenso stark auf 60 Yards, und als die Verdichtung auf das Dreifache getrieben ward, war dies noch bei 90 Yards der Fall.

In anderer Weise verfuhr **Papin**. Er liefs Luft durch eine Pfeife in einen ausgepumpten Ballon treten, und beobachtete dabei, dafs der Ton desto schwächer war, je mehr man den Ballon ausgepumpt hatte, ja dafs er, im ersten Augenblick wenigstens, gar nicht gehört wurde, wenn der Ballon luftleer war. **Papin** theilte diesen Versuch im J. 1685 der Roy. Society mit, der in unvollkommenerer Art schon vorher von **Boyle** war angestellt worden.¹⁾

Hawksbee machte auch die ersten Versuche über die Fortpflanzung des Schalles in Wasser, obwohl schon **Guericke** das Faktum kannte, dafs man Fische mit einer Klingel rufen kann, und daraus geschlossen hatte, dafs das Wasser den Schall leiten müsse. **Hawksbee** schlofs eine Glocke in eine mit Luft erfüllte Glaskugel, und liefs sie an Schnüren in Wasser hinab. Als er darauf einen Klöppel an sie schlagen liefs, hörte er ihren Ton sehr deutlich, aber zugleich machte er die Bemerkung, dafs der Ton seinen Klang verändert hatte, hart und rauh geworden war. Ein Mitglied der königl. Gesellschaft **Arderon** trieb im J. 1748 diese Versuche mehr ins Grofse. Er liefs geschickte Schwimmer 2 bis 12 Fufs tief in Wasser untertauchen; da hörten sie denn nicht allein Glocken, die in einiger Entfernung zum Tönen gebracht wurden, sondern auch Flintenschüsse, die man über dem Wasser in der Luft abfeuerte, auch hörte man die im Wasser ertönenden Glocken in der Luft²⁾. Auch der französische Physiker **Nollet** beschreibt in seinen *Leçons de physique experim. Vol. III, 417, Paris 1743*, sowie in den *Mém. de Paris 1743* ähnliche von ihm selbst angestellte Versuche.

¹⁾ Birch, History of the Roy. Society IV, 379;

²⁾ Philosoph. Transact. 1747, 1748; abridg. IX, 468.

An eine Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Wasser wurde im ganzen XVIII. Jahrhundert noch nicht gedacht. Ebenso wenig wurde die Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern gemessen, obwohl die Thatsache der Fortpflanzung desselben in diesen Körpern längst bekannt war. Schon Pater Kircher spricht davon in seiner *Musurgia Rom. 1650*, desgl. Boerhave, und später ward es der Gegenstand mehrerer Verhandlungen, als Jorissen 1757 zu Halle zeigte, daß man durch einen an die Zähne gehaltenen Stab Taube hörend machen könne¹⁾. Die einzige Angabe über die Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern findet sich in diesem Zeitraum bei Hooke in seiner Mikrographie von 1665, und die ist falsch, denn Hooke sagt, der Schall pflanze sich in diesen Körpern momentan oder mit der Geschwindigkeit des Lichtes fort. Er schloß dies aus der Fortpflanzung des Schalles in einem langen ausgespannten Draht.

320. Viel älter und zahlreicher als die Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalles sind die Beschäftigungen mit den Tönen, deren Entstehung, Verhältniß zu einander und Wirkung auf unser Ohr. Diese Beschäftigungen entsprangen aus der Musik, unstreitig der ältesten aller schönen Künste, die, gleich wie wir sie noch heute bei den allerrohesten Nomaden antreffen, so auch bis in die Urzeit der frühesten Völker verfolgt werden kann. Hat auch Jubal nicht die Instrumental-Musik ums Jahr der Welt 500 erfunden, so lehrt doch schon das erste Buch Mosis, daß Flöten, Pfeifen, Schalmeien, Zithern und Harfen bereits den alten Hebräern bekannt waren, und wahrscheinlich gingen ihnen die Aegypter und die Chinesen in der Kenntniß und dem Gebrauch solcher Instrumente noch voran.

Eine wissenschaftliche Gestaltung nahm aber diese praktische Musik erst bei den Griechen, namentlich bei den Pythagoräern. Pythagoras scheint über die Tonver-

¹⁾ Chladni, Akustik S. 262.

hältnisse mancherlei gewußt und sich zur Festsetzung derselben einer Art von Monochord bedient zu haben, aber es ist schwer mit Genauigkeit anzugeben, wie weit eigentlich seine Kenntnisse reichten, denn was **Nikomachus** und **Jamblichus** darüber berichten, beruht offenbar auf einem Mißverständniß¹⁾. Nach **Theon** von Smyrna und **Nikomachus** scheint es jedoch gewiß zu sein, daß die Pythagoräer Versuche machten über den Ton einer Saite bei verschiedener Länge und Spannung, sowie über den Ton eines Gefäßes bei mehr oder weniger vollständiger Füllung mit Wasser (§ 11).

Zweihundert Jahre nach **Pythagoras** schrieb **Aristoteles** über die Töne, und bekundete dadurch einige ganz gute Kenntnisse, die er möglicherweise von den Pythagoräern entlehnt hat. So wußte er, daß bei Saiten von gleicher Spannung und bei Pfeifen die Schwingungsmengen der Töne sich umgekehrt wie die Längen verhalten, und daß überhaupt die Töne in Schwingungen begründet seien, die von dem tönenden Körper auf die Luft übergehen, durch welche sie zu unserem Ohr gelangen.

Späterhin behandelten **Euklid** und **Ptolemaeus** die Lehre von den Ton-Intervallen mathematisch, ohne daß jedoch die Physik irgend einen erheblichen Gewinn daraus zog. Ebenso ging es im Mittelalter, obgleich die Musik sowohl von praktischer wie theoretischer Seite sehr grosse Fortschritte machte. So u. A. durch die Erfindung der Noten, zunächst derjenigen ohne Bezeichnung der Zeitdauer, die man gewöhnlich dem Benediktiner-Mönch **Guido von Arezzo**, **Guido Aretius**, im XI. Jahrhundert zuschreibt, obwohl wie **Kiesewetter** behauptet, mit Unrecht. Von demselben **Guido** rührt auch her die noch jetzt bei Italienern, Franzosen und Engländern übliche Benennung der Töne: *ut, re, mi, fa, sol, la* statt unserer *c, d, e, f, g, a*, entnommen einem lateinischen Lobgesang, in welchem die Sänger den heiligen

¹⁾ Montucla, Hist. des math. I, 126; Chladni, Akust. S. 102.

Johannes um Beseitigung aller Unreinheit der Stimme bitten:

Ut queant laxis resonare fibris

Mira gestorum famuli tuorum

Solve polluti labii reatum

Sancte Ioannes.

Dem Hexachord der sogen. aretinischen Silben wurde erst später noch die letzte, *si* bei uns *h*, hinzugefügt, angeblich durch **Erich van der Putten** (1574—1646) aus Venloo.

Auf diese Erfindung folgte die der Mensural-Noten, d. h. derjenigen, welche ausser der Höhe der Töne auch die Dauer derselben anzeigen. Man hat lange geglaubt, sie gehöre dem **Jean de Meurs** oder **Murs**, **Joannes de Muris** an, der Canonicus in Paris war, etwa 1310 geboren und erst nach 1360 gestorben ist; allein man will später gefunden haben, daß ein Deutscher, **Franco** aus Köln, der im XIII. Jahrhundert gelebt hat¹⁾, sie in seiner *Musica et ars cantus mensurabilis* gebraucht hat. Da aber dieser von dem Zeitmaße als einer bekannten Sache spricht, so zweifeln Einige an dessen Erfinderschaft, und Andere verwerfen sie gänzlich²⁾.

Alle, welche bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts über die Töne schrieben, wie z. B. der zu seiner Zeit berühmte **Giuseppe Zarlino**, (geb. 1540 zu Chioggia, gest. 1599 zu Venedig) Kapellmeister an der St. Marcuskirche, sowie der Vater des großen **Galilei**, hatten dabei nur die theoretische Musik und nicht die Physik im Auge. Erst mit **Galilei** hebt die Physik der Töne an, wenngleich das, was er hier aufstellte, quantitativ betrachtet nur gering war, und nicht mehr als was schon **Pythagoras** lehrte. In seinen *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, **Leida 1638** thut er dar, daß die Schwingungszeiten elastischer Saiten von gleicher Dicke und gleicher Substanz, wenn sie durch

¹⁾ Bindseil, Akustik 691.

²⁾ Zamminer, Die Musik, S. 159.

gleiche Gewichte gespannt werden, den Längen dieser Saiten proportional sind, und daraus schloß er, daß die Höhe des von einer Saite erzeugten Tones von der Häufigkeit oder Anzahl der Schwingungen abhängt. Er setzte dabei voraus, daß die ganze Masse der Saite in deren Mitte vereinigt sei, und der übrige Theil wohl Elasticität, aber keine Trägheit habe.

Nach Galilei beschäftigte sich Mersenne mit diesem Zweige der Physik, und stellte einige recht lehrreiche Versuche an, die in seiner *Harmonie universelle*, Paris 1636, lat. *Harmonicorum libri XII*, *ibid.* 1636 beschrieben sind. So fand er für Saiten von gleicher Substanz die Tonhöhe oder Schwingungszahl n ,

1) wenn die Saiten gleiche Länge und Dicke haben, aber durch verschiedene Belastungen p und p' gespannt sind:

$$n : n' = \sqrt{p} : \sqrt{p'};$$

2) wenn sie gleiche Länge und gleiche Spannung, aber ungleiche Gewichte q und q' haben:

$$n : n' = \sqrt{\frac{l}{q}} : \sqrt{\frac{l}{q'}};$$

3) wenn sie gleiche Dicke und gleiche Spannung, aber die Längen l und l' haben:

$$n : n' = \frac{1}{l} : \frac{1}{l'};$$

4) wenn sie gleiche Länge und Spannung, aber ungleiche Dicke d und d' haben:

$$n : n' = \frac{1}{d} : \frac{1}{d'} \text{ (Mersenne hat irrig } d^2, d'^2 \text{ für } d, d').$$

Er machte auch Versuche mit Saiten aus verschiedenen Metallen, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, bei denen Länge, Dicke und Spannung gleich waren, und fand den Ton desto tiefer, je specifisch schwerer das Metall war. Er bediente sich bei allen seinen Versuchen zur Bestimmung der Tonhöhe eines Monochords, welches in 120 Theile getheilt war; dasselbe bedurfte zum Unisone mit der

Saite von Gold . . .	100 $\frac{1}{2}$ Theile
- - Silber . . .	76 $\frac{1}{2}$ -
- - Kupfer . . .	69 $\frac{1}{2}$ -
- - Messing . . .	69 -
- - Eisen . . .	66 -

Außerdem machte Mersenne auch die Beobachtung, die er aber nicht weiter verfolgte, daß eine Saite, aufer ihrem hauptsächlichsten Ton oder ihrem Grundton, auch noch höhere Töne geben könne¹⁾.

321. Diese experimentellen Bestimmungen blieben das ganze XVII. Jahrhundert hindurch vereinzelt ohne verknüpfende Theorie stehen, bis im Anfang des XVIII. Jahrhunderts ein englischer Mathematiker Brook Taylor, derselbe, dem wir den wichtigen Taylor'schen Lehrsatz in der Analysis verdanken, das Problem von den schwingenden Saiten zum Gegenstand seines Nachdenkens machte. Er untersuchte zunächst die Gestalt einer schwingenden Saite, und gelangte dann für die Anzahl ihrer Schwingungen in einer bestimmten Zeit oder für ihre Tonhöhe zu der folgenden ebenso einfachen wie allgemeinen Formel:

$$n = \sqrt{\frac{pg}{lq}},$$

wo p die spannende Kraft, $g = 9,81$ Meter, die Beschleunigung durch die Schwere, l und q Länge und Gewicht der Saite bedeuten. Da $q = r^2\pi l s$, wenn s das spezifische Gewicht ist, so kann man auch setzen:

$$n = \frac{1}{rl} \sqrt{\frac{pg}{\pi s}},$$

woraus sich alle von Mersenne gefundenen Sätze ergeben. Auch folgt daraus, daß alle Saiten aus beliebigen Metallen oder anderen Stoffen, wenn Länge, Spannung und Gewicht bei ihnen gleich sind, einerlei Ton geben. Taylor theilte diese Formel zuerst in den Phil. Transact. für 1713 (abridg. VI, 14) mit, und später ausführlicher in

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. I, 468, 470.

seinem berühmten Werk: *Methodus incrementorum*, London 1715.

Brook Taylor war geb. 1685 zu Edmonton bei London, machte seine Studien zu Cambridge, wurde 1712 Mitglied der londoner Gesellschaft und 1714 Sekretär derselben. Er war ein vermögender Mann, ohne amtliche Stellung, der aber leider schon im besten Lebensalter 1731 an der Schwindsucht zu London starb.

Außer der *Methodus incrementorum* hat Taylor noch ebenfalls im J. 1715 ein Werk über die Perspektive veröffentlicht: *New principles of linear perspective*, London 1715, welches, obwohl dieser rein mathematische Zweig der Optik von Euklid und Ptolemaeus Zeiten an durch das ganze Mittelalter hin eine beträchtliche Anzahl zum Theil recht ausgezeichnete Bearbeiter gefunden hatte, dennoch die Principien derselben wesentlich fester stellte. Er schrieb ferner in den Phil. Transact. 1713 über das Oscillationscentrum, sowie 1710 über die Wurfbewegung, deren Veröffentlichung in den Phil. Transact. aber erst 1721 erfolgte. Auch hat man verschiedene experimentelle Untersuchungen von ihm, so z. B. eine freilich nicht zum Ziele führende, über die wechselseitige Wirkung zweier Magnete, in Bezug auf ihren Abstand; ferner über die Aufsteigung des Wassers zwischen zwei senkrechten, einen kleinen Winkel einschliessenden Glasplatten, wobei er für die Kurve des Wassers eine Hyperbel fand (Phil. Transact. 1712), ein Gegenstand, der ein Jahr später von Hawksbee weiter verfolgt wurde. Endlich im J. 1713 noch einige Versuche über die Adhäsion des Wassers an festen Körpern, wobei er sich schon des Verfahrens bediente, welches später von Musschenbroek, Guyton de Morveau, Achard u. A. angewandt wurde, nämlich das Gewicht ermittelte, welches nöthig ist, um eine auf Wasser gelegte Platte von der Oberfläche desselben loszureißen; er fand die Gewichte proportional der Fläche der Platten¹⁾.

¹⁾ Phil. Transact. für 1721; abridg. VI, 528.

322. Durch Taylor's Arbeit über die schwingenden Saiten ward der mathematischen Forschung ein ganz neues und weites Feld eröffnet, auf welchem die ersten Analytiker des vorigen Jahrhunderts ihren Scharfsinn erglänzen ließen.

Taylor hatte gefunden, daß eine gespannte Saite, wenn sie ein wenig abgelenkt worden, wie auch ihre Gestalt dabei anfangs beschaffen sein möge, doch nach wenigen Schwingungen die Gestalt einer verlängerten Cykloide, die er harmonische Kurve nannte, annehmen müsse, und er glaubte, daß dies die einzige Kurve sei, in welcher isochrone Schwingungen vollbracht werden könnten, d. h. bei welcher alle Punkte der schwingenden Saite zu gleicher Zeit in der Axe anlangten. Das war ein Irrthum, in welchen auch Joh. Bernoulli verfiel, der nach Taylor zuerst das Problem der schwingenden Saiten vornahm.

D' Alembert berichtigte diesen Irrthum, und erweiterte zugleich die Lösung bedeutend, indem er in einer Abhandlung in den berliner Denkschriften von 1747 zeigte, daß es nicht allein die Cykloide sei, welche der Aufgabe genüge, sondern daß eine unendliche Zahl von Kurven dieselbe Eigenschaft besitze. Nun trat Euler auf und bewies in den Mém. de Berlin 1748, daß die schwingende Saite nicht einmal die Gestalt einer durch eine kontinuierliche algebraische Gleichung ausgedrückten Kurve zu haben brauche, ja daß die Kurve nicht einmal durch eine Gleichung ausdrückbar zu sein brauche, wie z. B. eine mit freier Hand gezogene Linie.

Diese Behauptung wurde von d' Alembert in den Mém. de Berlin 1750 angegriffen, und einige Jahre darauf (Mém. de Berl. 1753) trat Dan. Bernoulli zwischen beide, warf ihnen vor, daß sie die Aufgabe zu abstrakt behandelt hätten, und behauptete die schwingende Saite habe immer die Gestalt einer Trochoide oder einer Kombination von Trochoiden. Euler ließ nicht lange auf Antwort warten (Mém. de Berl. 1753); er gab Dan. Bernoulli in einigen Dingen Recht, bestand aber fest auf seiner

Meinung, daß auch diskontinuirliche Kurven der Aufgabe genügen könnten.

Endlich mischte sich auch **Lagrange** in die Diskussion. Er faßte die Aufgabe in einer ganz neuen Weise an, durchaus unabhängig von der Hypothese, daß der Anfangszustand der schwingenden Saite irgend einem Kontinuitätsgesetze unterworfen sei. Indem er die schwingende Saite nacheinander als aus einer endlichen und dann aus einer unendlichen Zahl von Theilchen bestehend ansah, kam er im ersten Fall zu dem Resultat von **Bernoulli**, im letzten zu dem von **Euler**.

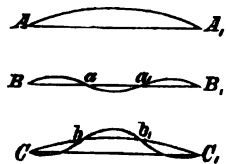
Aber selbst mit dieser Entscheidung war die Erörterung nicht beendet, im Gegentheile wechselten **Euler**, **Dan. Bernoulli**, **d'Alembert** und **Lagrange** noch manche Abhandlung gegen einander aus, deren nähere Betrachtung, so gut wie die der Italiener **Riccati** und **Zanotti** mehr in die Geschichte der Mathematik als der Physik gehört, und daher hier übergangen sein mag. Ich habe dies Alles nur angeführt, um einen ungefähren Begriff zu geben, wie sehr seit **Taylor's** Zeit das Problem der schwingenden Saiten in die Breite und Höhe gewachsen ist.

323. In dem Bisherigen habe ich unter Schwingungen der Saiten stillschweigend immer Transversal- oder Querschwingungen verstanden, nicht sowohl weil von ihnen allein eine Anwendung in der Musik gemacht wird, als vielmehr weil in dem größesten Theil des XVIII. Jahrhunderts außer ihnen keine anderen bekannt waren, denn die Longitudinal-Schwingungen sind erst gegen Ende des genannten Jahrhunderts von **Chladni** entdeckt (§ 329), der auch die Kenntniß der drehenden Schwingungen bis dahin läugnet. Man sehe: *Chladni Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Leipzig 1787.

Eine solche transversal schwingende Saite kann nun entweder ungetheilt schwingen Fig. 39 *AA*, oder in irgend eine Zahl von gleichen Theilen zerfallen, die nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, Fig. 39 *BB*, und durch Stellen, die in Ruhe bleiben, sogenannte Knoten *aa*,

getrennt sind. Im ersten Fall giebt die Saite ihren Grundton, im letzteren liefert sie höhere Töne, denen man ver-

Fig. 39.



schiedene Namen gegeben hat: Flageolett-Töne (vom Italienischen Flagioletto, kleine Pfeife), harmonische-, Partial-; Aliquot-, Theil-, Bei-, Neben-, Ober-Töne. Endlich kann drittens der Fall eintreten, und das ist sogar der gewöhnliche, daß beide

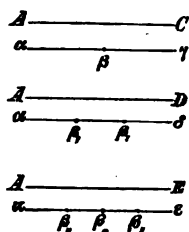
Arten von Schwingungen oder Tönen zu gleicher Zeit auftreten, wie in CC' Fig. 39. Es geschieht dies eigentlich in der Regel, sobald nicht besondere Vorsicht für die Ausschließung der einen Schwingungsart getroffen wird.

Gewöhnlich wird der Franzose *Sauveur* als der Entdecker dieser höheren Töne genannt, und wirklich hat er sie auch in den *Mém. de Paris* 1701 sorgfältig beschrieben. Von ihm stammt auch der nicht glücklich gewählte Name harmonische Töne her. Indefs hat man sie schon früher gekannt. So zunächst wurden sie ums J. 1674 zu Oxford von William Noble und Thomas Pigot, beide Schüler des berühmten Wallis entdeckt, welcher letztere auch darüber in den *Philos. Transact.* 1677 Nachricht gegeben hat, später auch in seiner *Algebra* II, p. 466.

Die Entdeckung geschah unter ganz interessanten Umständen. Es war zu jener Zeit schon bekannt, daß wenn man auf einer Violine oder Laute eine Saite ertönen läßt, eine andere Saite in deren Nachbarschaft, die mit ihr in Unisono steht oder die Oktave von ihr giebt, ebenfalls zum Tönen kommt. Die Engländer nennen diese Töne sympathische, wir belegen den Vorgang mit dem Namen des Mittönens. Im Allgemeinen schrieb man sie schon damals einer Vermittelung der Luft zu, welche die Schwingungen der einen Saite auf die zweite übertrage. Aber wie der Vorgang eigentlich sei, namentlich wenn die beiden Saiten nicht im Einklang stehen, darüber hatte man noch keine Vorstellung.

Noble und Pigot spannten nun mehrere Saiten paarweis neben einander und gaben ihnen solche Spannung, daß die eine im ersten Paar die Oktave, im zweiten die obere Quinte d. h. Duodecime, im dritten die Doppeloktave der neben ihr befindlichen angab. Sind z. B. in Fig. 40 $\alpha\gamma$, $\alpha\delta$, $\alpha\epsilon$ auf den Ton c gestimmt, so waren es AC , AD , AE auf respektive \bar{c} , \bar{g} , \bar{c} . Als nun Noble und

Fig. 40.



Pigot auf die unteren Saiten $\alpha\gamma$, $\alpha\delta$, $\alpha\epsilon$ leichte Papiersättel setzten und folgeweise verschoben, so fanden sie, daß dieselben beim Ertönen der Nachbarsaite liegen blieben bezüglich in den Punkten β , β , β .

Daraus schlossen sie, daß in diesen Fällen die tiefer gestimmte Saite nicht ihrer ganzen Länge nach schwinde, sondern nur die Hälften, die Drittel, die Viertel derselben. Wallis macht noch dabei die Bemerkung, daß eine Saite einen unreinen Ton gebe, wenn man sie in der Mitte, oder in den Dritteln, Vierteln u. s. w. anschlage oder streiche. Er fügt auch noch hinzu, daß eine Saite nicht bloß zu einer Saite, sondern auch zu einem konsonirenden Ton eines Blase-Instruments z. B. einer Orgelpfeife mittönen könne.

Sauveur bediente sich zweier Verfahren zur Hervorbringung der höheren Töne. Erstlich machte er vom Mittönen Gebrauch, ganz in der Weise wie Noble und Pigot, dann aber brachte er sie einfach dadurch hervor, daß er auf einem Monochord eine Saite ihren Grundton angeben ließe, und sie während des Schwingens ganz leise mit einem feinen Körper an den geeigneten Punkten berührte, z. B. in der Mitte, in einem Drittel, Viertel u. s. w., wenn er die Oktave, Duodecime, Doppeloktave u. s. w. haben wollte. Er machte die Theilung auch sichtbar, indem er auf die Ruhepunkte β , β , β in Fig. 40 weiße Papiersättel, und auf die Punkte in der Mitte von jenen schwarze Papiersättel setzte; wenn er dann in angegebener Weise

die Saite zum Tönen brachte, flogen die schwarzen Papiere ab, die weißen aber blieben.

Sauveur nannte die Punkte, welche in Ruhe verharren, also β , β_1 , β_2 , in Fig. 40, Knoten, noeuds, die dazwischen liegenden Ausbiegungen Bäuche, ventres, welche Namen in die Wissenschaft übergegangen sind. Er zeigte auch, daß während eine Saite harmonische Töne giebt, noch höhere Töne ihr entlockt werden können, wenn man sie zwischen zwei Knoten an Stellen berührt, die aliquoten Theilen des Abstandes dieser Knoten entsprechen, ein Drittel oder Viertel z. B. zwischen β_1 und β_2 .

Es gereicht Sauveur zur Ehre, daß er, nachdem ihm die Beobachtungen von Noble und Pigot bekannt wurden, freiwillig auf die Ehre der Entdeckung der harmonischen Töne Verzicht leistete, obwohl ihm in der Beobachtungsweise immer noch Eigenthümliches bleibt. Genau genommen ist es auch nur die Hervorbringung der harmonischen Töne durch das Mittönen, worauf Noble und Pigot Anspruch machen können, während Sauveur die Darstellung derselben durch leise Berührung der schwingenden Saite zuerkannt werden muß.

324. Eine dritte Erzeugungsweise, die ganz absichtslose, ist sogar noch älter. Sie wurde von Mersenne entdeckt, und von diesem schon im J. 1618 in seinen Oper. math. I, p. 355 im Kapitel *Von den Schwierigkeiten der Musik* beschrieben ¹⁾. Wenn man nämlich eine Saite auf's Gerathewohl zum Ertönen bringt, so hört man erstlich ihren Grundton, allein sowie dieser erlischt, treten die harmonischen Töne, die etwas länger anhalten, hervor, und so kann man beim Verklingen mehrere davon vernehmen. Mersenne hörte vom Grundton ab den 12. und 17. Ton, d. h. den Ton, welcher aus der Theilung der Saite in 3 und 5 Theile entspringt. Daß er den Ton der Theilung in 4, d. h. die Doppeloktave nicht hörte, geschah wohl, weil er sie mit dem Grundton verwechselte.

¹⁾ Matth. Young, An inquiry into the phenomena of sounds p. 110.

Mersenne hat viel Unrichtiges über die höheren Töne gesagt, aber **Descartes**, dem er die Beobachtung mittheilte, äußerte in seinen Briefen 75 und 106 sehr richtig, die Töne möchten dadurch entstehen, daß die Saite, während sie schwingt, in Abtheilungen zerfalle, die für sich ihre Schwingungen vollbrächten. Er irrte aber darin, daß er glaubte, eine solche Zerfällung der Saite und solches Beisammensein mehrerer Schwingungsarten fände sich nur bei einer falschen Saite ¹⁾.

Uebrigens möchte man glauben, daß nicht einmal **Mersenne** der erste Entdecker der harmonischen Töne ist; denn lange vor ihm gab es bereits ein Instrument, das wie gemacht dazu scheint diese Töne hervorzubringen, obwohl man vielleicht über die Entstehung derselben nicht nachgedacht hat. Es ist dies die sogenannte **Meertrompete**, erfunden in der Mitte des XVI. Jahrhunderts von dem Italiener **Marino** oder **Marigni**, daher sie auch wohl **Marigni's Trompete** genannt wird. Sie ist keine Trompete, überhaupt kein Blasinstrument, sondern ein Saiteninstrument, eine Art **Monochord**.

Die Meertrompete stellt eine hohle dreikantige an der Basis offene Pyramide dar, aus drei dünnen Brettern, deren oberes den Resonanzboden bildet; zu dem Ende wird das Instrument horizontal gelegt, auf einer Kante ruhend. Nach der Spitze hin verläuft es in einen Hals mit einem Wirbel, um welchen eine einzige Saite geschlungen ist, welche über einen Sattel und einen Steg geht, hinter welchem sie befestigt ist. Der Steg ruht nur locker auf dem Resonanzboden, und dadurch bekommt der Ton der Saite etwas schnarrendes, trompetenartiges. Zwischen Sattel und Steg sind Erhabenheiten, welche diesen Raum in aliquote Theile theilen. Wird nun die Saite mit dem Bogen gestrichen, und dieselbe sanft gegen eine der Erhabenheiten mit dem Finger gedrückt, wobei die Schwingungen nicht dürfen unterbrochen werden, so entstehen

¹⁾ Chladni, Akustik, S. 206.

höhere Töne entsprechend der Länge des Saitenstücks zwischen dem Sattel und dem berührten Knoten. Es giebt

$\frac{1}{2}$	den Grundton,
$\frac{1}{4}$	die Oktave,
$\frac{1}{3}$	den 12. Ton, Duodecime,
$\frac{1}{4}$	den 15. Ton, Doppeloktave,
$\frac{1}{5}$	- 17. -
$\frac{1}{6}$	- 19. -
$\frac{1}{7}$	- 21. -
$\frac{1}{8}$	- 22. Ton, dreifache Oktave,

und so fort, woraus zu ersehen, daß die Flageolett-Töne nicht auf dieselbe Weise entstehen, wie die gewöhnlichen aus ungetheilten Saiten. Bei der Theilung vom Sattel nach der Mitte hin nehmen erstere an Höhe ab, über die Mitte hinaus wieder zu ¹⁾).

Als musikalisches Instrument ist die Meertrompete nur von geringer Wirkung, da nur solche Stücke darauf spielbar sind, deren Noten unter den höheren Tönen vorkommen, theoretisch ist es aber sehr interessant und lehrreich. — Auch die Wirkung der Aeolsharfe beruht auf dem Zerfallen der schwingenden Saite in Unterabtheilungen.

325. Obwohl nun die Flageolett-Töne zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts sowohl von praktischer wie theoretischer Seite bekannt waren, so fehlte man doch noch häufig dadurch, daß man einerseits die von ihnen abhängigen Erscheinungen nicht richtig erkannte, und daß man sie andererseits dort eine Rolle spielen ließ, wo sie gar nicht in Betracht kamen.

So u. A. hat de la Hire in den *Mém. de Paris* 1716 und später Christ. Benedikt Funk, Professor der Physik an der Universität Leipzig in seiner *Dissert. de sono et tono, Lips. 1779* die Ansicht vorgetragen, daß der Klang einer Saite oder eines Stabes nicht von Schwingungen der ganzen Saite oder des ganzen Stabes herrühre, sondern von dem Erzittern ihrer kleinsten Theilchen, also von Molekular-

¹⁾ Chladni, Akustik, S. 69.

schwingungen. De la Hire stützt sich hierbei auf die That-
sache, daß eine Feuerzange zwar klingt, wenn man sie
anschlägt, nicht aber wenn man ihre beiden elastischen
Schenkel mit den Fingern zusammendrückt und dann los-
läßt, obwohl sie dabei in Schwingung gerathen. Er über-
sah aber, daß im letzten Fall die Schenkel, wo sie ganz
schwingen, viel zu langsame Schwingungen machen, um
gehört werden zu können, daß dagegen im ersten Fall
gar nicht die einzelnen Atome der Zange schwingen, wohl
aber aliquote Theile in Schwingungen versetzt werden, und
somit Flageolett-Töne hervorbringen.¹⁾

Ein anderer Irrthum, der sich im ganzen XVIII. Jahr-
hundert weit verbreitet zeigt, bestand darin, daß man
glaubte, das Mitklingen der mit der natürlichen Zahlen-
folge übereinkommenden Flageolett-Töne sei eine wesent-
liche Eigenschaft aller tönenden Körper, aus diesem ent-
springe das Konsoniren und Dissoniren gewisser Töne, und
es bedinge den wesentlichen Unterschied zwischen einem
Ton und einem Geräusch.

Wenn diese Ansicht richtig wäre, so würde es natür-
lich gar keine einfachen Töne geben können, aber die Un-
richtigkeit derselben, die übrigens schon Lagrange in seiner
Abhandlung *Recherches sur la nature et la propagation du
son*, Misc. Soc. Taur. 1759 rügte, geht sehr bestimmt daraus
hervor, daß man mit der gehörigen Vorsicht sehr wohl eine
Saite auf solche Weise zum Ansprechen bringen kann,
daß bloß der Grundton und keiner der höheren Töne zum
Vorschein kommt. Dies ist z. B. der Fall, wenn man die
Saite in einem ihrer aliquoten Theilpunkte streicht, wäh-
rend man harmonische Töne erhält, wenn dies leise mitten
zwischen den Knotenpunkten geschieht.

Dennoch findet sich die erwähnte Ansicht in seiner
Zeit sehr berühmten Werken, z. B. in *Anfangsgründe der
Naturlehre*, Gött. 1772 von Erxleben, weiland Professor der
Physik zu Göttingen, ein Buch, das 6 Auflagen erlebte,

¹⁾ Chladni, Akust. S. 114; Fischer, Gesch. d. Phys. II, 491.

und welches **Lichtenberg**, der Nachfolger von **Erleben**, seinen Vorlesungen zum Grunde legte. Ferner in *Allgemeine Theorie der schönen Künste* des als Philosophen und Aesthetiker so berühmten **Sulzer**, der in Berlin viele Jahre Professor der Mathematik am Joachimsthal'schen Gymnasium und Mitglied der Akademie war (geb. 1720 zu Winterthur in der Schweiz, gest. 1779 zu Berlin).

Ja selbst **Rameau**, der berühmteste theoretische Musiker Frankreichs im XVIII. Jahrhundert, gründete sein ganzes System der Harmonie auf die erwähnte Ansicht. **Jean Philippe Rameau** war geb. 1683 zu Dijon, und starb 1764 zu Paris als Kapellmeister des Königs. Er schrieb außer vielen Aufsätzen in scientifischen und artistischen Journalen 15 besondere Werke über theoretische Musik, darunter auch sein *Traité d'harmonie*, Paris 1722, wozu ein Aufsatz *Principe d'harmonie* in den Mém. de Paris 1750 einen Nachtrag bildet. Hierin ist eben das Princip enthalten, weshalb er sehr mit Unrecht von seinen Zeitgenossen der **Newton** der Harmonie genannt worden ist. **Rameau** war auch ein fleißiger Komponist; allein an Opern hat er 22 komponirt. Sein Geschmack ist aber jetzt veraltet und wohl mit Recht, denn welche Anforderungen er an eine Komposition machte, läßt sich daraus abnehmen, daß er einst selbstgefällig äußerte: Man gebe mir eine holländische Zeitung und ich setze sie in Musik!

Während so die Physiker und theoretischen Musiker mancherlei unrichtige Ansichten über die harmonischen Töne hatten; muß man indeß zugeben, daß die Physico-Mathematiker, welche das Problem von den schwingenden Saiten zum Gegenstand ihrer Spekulationen machten, in Betreff dieser Töne auch noch eine wichtige Frage unerledigt ließen. Zwar gab **Bernoulli** über die nächste Entstehung der harmonischen Töne durch Theilung der Saite in aliquote Theile dieselbe Erklärung wie **Descartes**, und dieser Ansicht trat auch **Euler** bei, aber auf welche Weise und warum eine Saite sich beim Schwingen in aliquote Theile theilt, darüber konnten die beiden großen Mathe-

matiker keinen Aufschluß ertheilen. Das warf ihnen schon d'Alembert vor, ohne selbst die Frage beantworten zu können.

Einige stellten physiologische oder psychologische Gründe auf, noch andere, wie der Irländer **Matthew Young** in seinem hübschen Buch: *An inquiry into the phenomena of sounds and musical strings*, Dublin 1784, stellten die Rückwirkung der Luft auf die schwingende Saite als Ursache hin, bis endlich **Thomas Young** in den Philos. Transact. 1800 die annehmbarste Erklärung gegeben hat, nämlich die Reaktion der Theile der Saite auf einander in Folge der Art, wie sie zum Tönen angeregt wird.

Matthew Young, geb. 1750 in County Roscommon, Irland, gest. 1800 zu Withworth, Lancashire, war Professor der Physik am Trinity College zu Dublin bis zu seiner Ernennung zum Bischof von Clonfert und Kilmacduach in Irland. — **Thomas Young** 1773 zu Milverton, Somersetshire geboren, war seit 1800 praktischer Arzt in London, dabei Professor der Physik an der Royal Institution sowie Mitglied und Sekretär der Royal Society, später auch des Board of longitude. Er starb 1829 zu London.

326. Die Flageolett- oder Obertöne, von denen ich bisher gesprochen habe, werden von den Franzosen und Engländern, wenn sie dieselben genau bezeichnen wollen, die hohen harmonischen Töne genannt, um sie zu unterscheiden von anderen, welche sie mit dem eben nicht passenden Namen der tiefen harmonischen Töne belegen. Die Entdeckung dieser letzteren, welche nur entstehen, wenn zwei Töne von passendem Intervall zugleich angestimmt werden, ist viel späteren Datums als die der hohen harmonischen Töne, und wird gewöhnlich dem Italiener **Tartini** zugeschrieben, daher man sie auch in der Regel die tartinischen Töne, auch Kombinationstöne nennt.

Wenn man den Grundsatz festhalten will, daß veröffentlichte Druckschriften die alleinig zulässigen Data in der Geschichte der Wissenschaften bilden, so kann jedoch **Tartini** nicht auf die Priorität dieser Entdeckung Anspruch machen, denn er publicirte sie erst in dem Werke: *Trattato*

di musica secondo la vera scienza dell' armonia, Padova 1754. Aber schon 1753 hat der Franzose Romieu der Akademie der Wissenschaften zu Montpellier von dem Mitklingen solcher tiefen Töne Nachricht gegeben, ja unser Landsmann Georg Andreas Sorge (1703—1778), Organist zu Lobenstein, hat noch ältere Ansprüche, denn in seiner *Anweisung zur Stimmung der Orgelwerke und des Klaviers, Hamburg 1744* und schon in seinem *Vorgemach der musikalischen Komposition, Hamburg 1740* ist von diesen Tönen die Rede.¹⁾

Allein in einer Schrift: *Dissertazione dei 'principi dell' armonia musicale contenuta nel diatonico genere, Padova*, die freilich erst 1767 erschienen ist, sagt Tartini, daß er den tiefen Ton, der sich beim Anstimmen zweier Töne hören läßt, und den er selbst daher immer terzo suono nennt, schon im J. 1714 zu Ancona auf der Violine entdeckt, und von der Zeit an sehr viele Musiker und Gelehrte damit bekannt gemacht habe. Wenn dem so ist, was wir nicht bestreiten können, so bliebe also doch Tartini die Ehre der ersten Entdeckung.

Tartini kann indels nur das Faktische der Beobachtung als seine Entdeckung in Anspruch nehmen, und das selbst nicht einmal ganz, denn er hat den dritten Ton, welcher beim Anstimmen von zweien gehört wird, immer bei allen seinen Versuchen um eine Oktave zu hoch angegeben. So sagt er, wenn man eine Quinte angebe, z. B. *c* und *g*, so stehe der dritte Ton mit dem tieferen von beiden im Einklang, sei also *c*, er ist aber in Wahrheit *C²*). In diesen Fehler sind Romieu und Sorge nicht verfallen. Ueberdies hat Tartini auf seine dritten Töne ein ebenso naturwidriges System der Harmonie erbaut, wie Rameau auf die Flageolettöne. Man wird dies jedoch Tartini einigermassen verzeihen, wenn man weiß, daß er

¹⁾ Chladni, Akust. Zusatz, S. 73.

²⁾ Matth. Young, An inquiry etc., p. 185.

gleich **Rameau** kein Physiker, sondern ein ausübender Künstler war.

Von einer Theorie der tartinischen Töne ist bei **Tartini** selbst, so wenig wie bei **Romieu** und **Sorge**, die Rede; indess gab es eine Erscheinung, die, wie man glauben sollte, auf die Ursache dieser Töne hätte führen müssen. Es war nämlich den Orgelbauern zu Ende des XVII. Jahrhunderts eine längst bekannte Sache, daß wenn zwei Orgelpfeifen von tiefem aber doch ein wenig verschiedenem Ton zugleich angestimmt werden, sich Schläge oder Stöße von beträchtlicher Stärke vernehmen lassen. Sie wußten sich aber die Veranlassung nicht zu erklären, oder suchten wohl nicht einmal nach einer Erklärung. Da erfuhr **Sauveur** die Sache, und sein Scharfsinn errieth sogleich, daß die Schläge (*battements*) aus einer Koincidenz der Schwingungen beider Töne hervorgehen.

Wenn nämlich in einer gewissen Zeit der eine Ton acht Schwingungen macht, und der andere neun, so ist klar, daß nach Ablauf eines jeden solchen Zeitintervalls zwei Schwingungen zusammenfallen, und somit eine Verstärkung des Tones hervorbringen, die als einzelne getrennte Schläge oder Stöße hervortreten müssen, wenn sie durch hinreichend große Zeiträume getrennt sind. **Sauveur** ging noch weiter; er suchte diese Stöße oder Schwebungen, wie man sie jetzt nennt, als Mittel zur Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones zu benutzen. Hatte er nämlich einen Ton, von dem er wußte, daß er 32 Schwingungen in der Sekunde mache, und daneben einen zweiten etwas höheren, der mit dem ersteren gleichzeitig angestimmt 4 Schläge in der Sekunde gab, so schloß er, daß acht Schwingungen des ersten eine gleiche Zeit erforderten wie neun vom letzteren, daß dieser mithin 36 Schwingungen in der Sekunde mache. **Sauveur** veröffentlichte dies in den *Mém. de Paris* vom J. 1700.

Lange sah man zwischen diesen Schlägen und den tartinischen Tönen keinen Zusammenhang, bis endlich **Lagrange** in seiner mehrmals erwähnten Abhandlung von

1759 darlegte, daß die letzteren Töne ebenfalls aus einer Koincidenz der Schwingungen beider erzeugenden Töne entstehen. Der einzige Unterschied zwischen den tartinischen Tönen und Sauveur's Schlägen besteht darin, daß, weil bei den ersten die erzeugenden Töne ein relativ großes Tonintervall zwischen sich fassen, die Stöße schneller auf einander folgen, so schnell, daß sie das Ohr nicht mehr einzeln, sondern als Ton wahrnimmt. In dem einen Fall ist die Zahl der Schläge und in dem anderen die Zahl der Schwingungen gleich dem Unterschied der Schwingungszahlen beider erzeugenden Töne.

327. Sauveur beschäftigte sich auch damit ein absolutes Tonmaß aufzufinden. Er hatte ausgemittelt, daß eine offene Orgelpfeife von fünf Fuß Länge einen Ton gab, welchem 100 Doppelschwingungen in der Sekunde entsprachen. Zu diesem Zweck hatte er zwei etwa 5 Fuß lange Pfeifen genommen, und die eine durch einen Schieber so verkürzt, daß ihre Längen das Verhältniß 99 : 100 erhielten; sie gaben dann 1 Schlag in der Sekunde. Diesen Ton von 100 Doppel- oder 200 einfachen Schwingungen wollte Sauveur als fixen Punkt angesehen wissen, fand aber keinen Beifall damit. Uebrigens hatte gleichzeitig Brook Taylor mit seiner bereits früher besprochenen Formel (§ 321) ein viel exakteres Mittel als Sauveur für die Bestimmung eines absoluten Tonmaßes angegeben, indem sich danach aus Länge, Gewicht und Spannung einer Saite ihr Ton in absolutem Maße festsetzen läßt. Es scheint jedoch nicht, daß Taylor selbst eine solche Anwendung von seiner Formel gemacht habe; diese findet sich zuerst bei Euler in seinem Werke *Tentamen novae theoriae musicae*, Petrop. 1739, worin überhaupt die ganze Musiklehre zuerst wissenschaftlich und umfassend vorgetragen wird. Die Aufgabe ein absolutes Tonmaß herzustellen, hat später noch mehrfache Untersuchungen veranlaßt, und ist auf verschiedene Weise zu lösen versucht worden.

Auch die Gränzen der Hörbarkeit der Töne suchte Sauveur zu bestimmen. Als tiefsten noch hörbaren Ton

fand er den einer offenen Orgelpfeife von 40 Fuß Länge. Da nun diese nach der oben genannten Bestimmung achtmal weniger Schwingungen als sein fixer Ton machen mußte, so nahm er an, der tiefste hörbare Ton mache $12\frac{1}{2}$ Doppelschwingungen in der Sekunde. Den höchsten noch hörbaren Ton erhielt er von einer Pfeife, die 64 mal kürzer als die Normalpfeife war, ihm entsprachen also 6400 Doppelschwingungen. Auch Euler beschäftigte sich mit der Bestimmung der Gränzen der Hörbarkeit und spricht davon in dem vorher genannten Werk, aber seine Angaben schwanken sehr. Er fand

	für den tiefsten Ton	den höchsten Ton
anfangs	30 Schwingungen	7520 Schwingungen
später	20 -	4000 -

etwa acht Oktaven umfassend.

Sauveur's und Euler's Angaben über die Hörbarkeitsgränzen weichen beträchtlich ab von den Resultaten neuerer Physiker. So zunächst was die Gränze in der Tiefe betrifft, so sagt Wollaston ¹⁾, daß sie gar nicht scharf bestimmbar sei, daß das menschliche Ohr noch für Schwingungen Empfindung zeige, die schon bloße Stöße geworden seien, und sich einzeln zählen lassen. F. Savart ²⁾ ist auch der Meinung, daß die Gränze in der Tiefe unbestimmbar sei, aber er glaubte doch noch, daß aus 16 einfachen Schwingungen ein für das Ohr vernehmbarer musikalischer Ton entspringe. Diese Meinung ist neuerlich (1845) von Despretz als irrig bezeichnet. Er behauptet, man könne keine tieferen Töne vernehmen, als die von 32 einfachen Schwingungen, und selbst bei diesen sei schon die Bestimmung der Tonhöhe oder vielmehr der Tiefe nicht mehr sicher. Der tiefste bestimmbare Ton sei der von 96 einfachen Schwingungen, und danach hält Despretz ebenfalls die Angabe von Sauveur für fehlerhaft.

¹⁾ Philosoph. Transact. f. 1820.

²⁾ Ann. Chim. et Phys. XLVII. LXIX. An 1831.

Ebenso schwanken die Angaben hinsichtlich der Gr \ddot{u} nzen in der H \ddot{o} he, obwohl sie dieselben viel weiter hinausr \ddot{u} cken als **Sauveur** und **Euler**. **Wollaston** betrachtet hier als letzten h \ddot{o} rba \ddot{r} en Ton die Stimme einer Fledermaus oder eines Feldheimchens, und da er diese 600 bis 700 mal h \ddot{o} her sch \ddot{a} tzt als den tiefsten Ton einer Orgel, so w \ddot{u} rde daraus folgen, da \ddot{s} die obere Gr \ddot{u} nze auf 19 000 bis 22 000 Schwingungen falle. **Chladni** setzte sie gleichfalls auf 22 000. **Savart** erhielt je nach der Art des Tons verschiedene Resultate; Pfeifen gaben die obere Gr \ddot{u} nze schon bei 20 000 einfachen Schwingungen, longitudinal ert \ddot{o} nende Glasst \ddot{a} b \ddot{e} bei 32 bis 33 000, gez \ddot{a} hnte R \ddot{a} der bei 48 000 solcher Schwingungen.

Diese letztere schon zwei Oktaven h \ddot{o} here Gr \ddot{u} nze als die **Sauveur'sche** hat **Despretz** ¹⁾ nun noch weiter ausgedehnt. Er behauptet, da \ddot{s} Stimmgabeln, die 65 536 einfache Schwingungen in der Sekunde machen, noch einen klassificirba \ddot{r} en Ton liefern, ja er setzt sogar die Gr \ddot{u} nze eines blo \ddot{s} vernehmba \ddot{r} en Tones auf 73 700 einfache Schwingungen. Sicherlich kommt dabei vieles auf die St \ddot{a} rke und Natur des Tones, sowie auf die Empfindlichkeit des Ohres an. Jedenfalls ersieht man daraus, da \ddot{s} das Menschenohr in seiner Empf \ddot{a} nglichkeit f \ddot{u} r T \ddot{o} ne viel umfangreicher ist als das Auge f \ddot{u} r das Licht.

328. **Joseph Sauveur** ward geboren 1653 zu La Fl \hat{e} che, wo sein Vater Notar war. Seine Erziehung erhielt er im dortigen Jesuitenkollegium, wo auch **Descartes** und **Mersenne** gewesen waren. Er fand aber keinen Geschmack an der Rhetorik und den alten Poeten, entwickelte jedoch mehr Sinn f \ddot{u} r Mathematik und Mechanik, den er schon als Knabe durch Anfertigung von allerlei kleinen Maschinen bekundet hatte. Als er herangewachsen war, erwachte in ihm die Begierde sein Gl \ddot{u} ck in Paris zu versuchen, wohin er sich denn zu Fu \ddot{s} s auf den Weg machte, da es

¹⁾ Observations sur la limite des sons graves et aigus. Comptes rendus T. XX, 1845.

ihm an andern Reisemitteln fehlte. Der Einfluß eines Onkels bestimmte ihn sich dem geistlichen Stande zu widmen, allein durch Zufall fielen ihm bald nach seiner Ankunft in Paris der Euklid und Rohault's Physik in die Hände, und nun war es mit der Theologie bei ihm aus. Er suchte zunächst durch Unterricht in der Mathematik sich seinen Unterhalt zu verdienen, und sein umgängliches Wesen verschaffte ihm viele angenehme und nützliche Bekanntschaften.

Im J. 1680 wurde er Lehrer der Mathematik für die Pagen der Mme. la Dauphine, 1681 lernte er Mariotte kennen, und unterstützte denselben bei dessen Versuchen an den Wassern von Chantilly, wobei er wiederum Gelegenheit hatte sich die Gunst des Prinzen Louis von Condé zu erwerben. 1686 erhielt er die Professur der Mathematik am Collège royal. Von einer hohen Militärperson aufgefordert ein Lehrbuch der Fortifikationskunst zu schreiben, machte er um die Sache praktisch kennen zu lernen im J. 1691 die Belagerung von Mons mit, und zeichnete sich dabei durch Muth und Umsicht aus.

Zurückgekehrt nach Paris beschäftigte er sich mit allerlei Arbeiten der angewandten Mathematik, er lieferte Tafeln für den Ausfluß des Wassers aus Röhren, Karten der französischen Küsten, Methoden den Kubikinhalt von Fässern zu finden u. s. w. Diese Arbeiten mögen Veranlassung geworden sein, daß man ihn 1696 zum Mitglied der Akademie erwählte, obwohl er bis dahin noch nichts Eigenes in der Wissenschaft geleistet hatte, was die Wahl rechtfertigte. Allein man hatte sich in ihm nicht geirrt; von nun an warf er sich auf die Akustik und mit solchem Erfolg, daß man wohl sagen kann, er habe darin, wenigstens für Frankreich, eine Art Epoche begründet. Die Mém. de Paris hat er zwar nicht mit vielen, aber für die Zeit sehr schätzbaren Abhandlungen bereichert.

Sauveur starb im 63sten Lebensjahr 1716 zu Paris. Es ist merkwürdig, daß ein Mann, der so regen Trieb zur Akustik und theoretischen Musik besaß, doch von der

Natur zu diesen Beschäftigungen so stiefmütterlich ausgestattet war. Bis zu seinem 7ten Jahr war er stumm, und auch von da an entwickelte sich sein Sprachorgan nur sehr langsam; zeitlebens hatte er eine falsche Aussprache und ein falsches Gehör, weshalb er sich denn auch von Musikern bei seinen Untersuchungen mußte unterstützen lassen, um die Intervalle und Akkorde der Töne richtig zu bestimmen. **Sauveur** stellt darin ein Seitenstück dar zu dem Engländer **Nicol Saunderson** (geb. 1682 zu Thurston, Yorkshire, gest. 1739 als Professor der Mathematik zu Cambridge), der schon im ersten Jahr seines Lebens durch die Blattern erblindete, und doch eine Optik schrieb!

Giuseppe Tartini, geb. 1692 zu Pirano in Istrien, war von seinen Eltern zum geistlichen Stand bestimmt. Allein weder im ersten Jugendunterricht noch später auf der Universität Padua, wo er die Theologie gegen die Jurisprudenz vertauschte, zeigte er eine sonderliche Neigung zu den Wissenschaften, dagegen desto mehr Hang zu einem wilden ausschweifenden Lebenswandel. Besonders war das Fechten ein Lieblingsvergnügen für ihn, welches ihn so einnahm, daß er den Entschluß faßte, in einer größeren Stadt Italiens eine Fechtschule zu errichten.

Einen besonderen Incidenzpunkt seines Lebens bildete eine heimliche Ehe, welche er mit einer Musiklehrerin einging. Die Verbindung kam zur Kenntniß seines Onkels, des Kardinals Cornaro, der Bischof von Padua war, und darüber in heftigen Zorn gerieth. Vor dessen Folgen sich fürchtend hielt Tartini es für gerathen seine Gemahlin in Stich zu lassen, und seine Zuflucht zum Kloster von Assisi zu nehmen. Hier lebte er zwei Jahre in tiefster Verborgenheit, und wie die klösterliche Stille ihn ernster und selbhafter machte, so rief der Umgang mit einem musikalisch gebildeten Pater seine frühere Neigung zur Musik wieder hervor. Er legte sich nun mit wahren Feuereifer auf diese Kunst, und wurde bald ein vollendeter Virtuose auf der Violine.

Unterdefß hatte sich der Zorn seines Onkels besänftigt und Tartini durfte es wagen nach Padua zurückzukehren. Alle Welt war entzückt von seinem Spiel, und der Ruf davon verbreitete sich bald durch ganz Italien. Er wurde nach Venedig berufen als Mitglied der dort vom König von Polen gegründeten musikalischen Akademie, und von 1714 bis 1721 übernahm er eine ähnliche Stellung in Ancona. Hier in Ancona war es, wo er seiner Angabe nach im J. 1714 den terzo suono entdeckte. 1721 ernannte man ihn zum Maestro des Orchesters der Kirche des St. Antonius in Padua, und 1723 ward er nach Prag berufen, um dort bei der Krönung Kaisers Karl VI. die musikalischen Feierlichkeiten zu dirigiren. Nach zweijährigem Aufenthalt in Prag kehrte er nach Padua zurück, und gründete hier 1728 ein musikalisches Institut, dem er bis an sein Lebensende vorstand, und das durch die bedeutende Anzahl der daraus hervorgegangenen Virtuosen eine große Berühmtheit erlangte. Tartini starb daselbst in hohem Alter 1770.

329. Die Akustik ist unter den verschiedenen Feldern der mechanischen Physik dasjenige, welches am längsten brach lag, das aber, nachdem man durch Newton und besonders durch Taylor auf die Fruchtbarkeit desselben aufmerksam gemacht worden war, mit verhältnißmäßig großer Schnelligkeit angebaut und ausgebeutet wurde. Seine Kultur gehört fast ausschließlich dem XVIII. Jahrhundert, welches dem XIX., wenigstens in theoretischer Beziehung, nur eine spärliche Nachlese übrig gelassen hat. Dies gilt zunächst von dem Problem der schwingenden Saiten, welches namentlich durch die zahlreichen Arbeiten von Dan. Bernoulli und Euler fast nach jeder Richtung hin erforscht, wenn auch nicht grade immer erschöpft worden ist. Euler z. B. behandelte nicht nur die Schwingungen einer Saite, die in einer Ebene geschehen, sondern auch diejenigen, die nach Art des konischen Pendels im Raume vollführt werden, und er zeigte, daß solche rotirenden Bewegungen, die übrigens in der Praxis häufig

sind, sich aus linearen Schwingungen zusammensetzen lassen, was auch interessant ist wegen der Analogie mit gewissen Schwingungen des Lichtäthers.

Von den Saiten ging man zu den Membranen über, die gleich den Saiten die Kraft zum Schwingen allein durch Spannung erhalten, wenigstens nur unter dieser Voraussetzung untersucht worden sind, wenn man einige neuere Arbeiten ausnimmt. Der erste, welcher die Gesetze einer schwingenden Membran, nämlich eines gespannten Paukenfells in Untersuchung nahm, war der Graf **Giordano Riccati** in den *Saggi dell' Accad. di Padova*, T. I, 1786. Derselbe hat auch ein sehr schätzbares Buch über die Saiten geschrieben: *Delle corde ovvero delle fibre elastiche*, Bologna 1767. — Graf **Giord. Riccati** wurde geb. 1709 zu Castelfranco bei Treviso und starb 1790 zu Treviso. Er hat sich als Mathematiker, Architekt und Musiker rühmlichst bekannt gemacht. Sein Bruder **Vincenzo** (1707 bis 1775) bekleidete 30 Jahre die Professur der Mathematik in Bologna, und auch der Vater Graf **Jacopo Riccati** (1676 bis 1754) war ein ausgezeichnete Mathematiker.

Nach den Saiten und Membranen, die zur Schwingungsfähigkeit einer äußeren Spannung bedürfen, kommen diejenigen festen Körper in Betracht, die durch eigene Rigidität und Elasticität zu schwingen vermögen, zunächst also Stäbe und Scheiben.

Die Stäbe können auf dreierlei Art schwingen: transversal, longitudinal und drehend.

Die transversalen Schwingungen sind zuerst von **Dan. Bernoulli**, später und vollständiger von **Euler** untersucht worden. Es sind dabei mehrere Fälle zu unterscheiden; die Enden des Stabes sind nämlich entweder beide fest oder frei, oder das eine Ende ist fest und das andere frei oder angestemmt, oder das eine ist angestemmt und das andere frei oder auch angestemmt. Sind die Stäbe an beiden Enden eingeklemmt, so schwingen sie nach den bei Saiten geltenden Gesetzen, und die Steife des Stoffes ersetzt die den Saiten zu gebende Spannung. Ueber den

Fall, wo beide Enden frei sind hat Giord. Riccati schätzbare Untersuchungen angestellt ¹⁾).

Solche Transversalschwingungen kommen vor bei der Eisenvioline, auch Nagel- oder Stiftgeige, bei welcher eiserne Stäbe in einem Halbkreise auf einem Resonanzboden senkrecht stehend befestigt sind, und mit einem Violinbogen gestrichen werden. Das Instrument ist von Joh. Wilde in Petersburg in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts erfunden ²⁾). Ferner wendet man derartige Schwingungen an bei der sogenannten Strohfidel, bei welcher schmale Streifen von Holz oder Glas auf zusammengedrehtes Stroh gelegt und mit einem hölzernen Klöppel geschlagen werden; sie soll aus Flandern stammen. Auch die Glasharmonika, die Spieluhren und Spieldosen sind hier noch zu nennen, vor Allem aber die Stimmgabel.

Die longitudinalen Schwingungen wurden von Chladni entdeckt und in der Abhandlung: *Ueber die Longitudinal-Schwingungen der Saiten und Stäbe*, Erfurt 1796 von ihm beschrieben. An Saiten hatte er diese Schwingungen schon früher bekannt gemacht in der Schrift: *Neue Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Leipzig 1787 und dann ausführlicher in: *Berliner musikalische Monatschrift* 1792. Die wichtige und sinnreiche Anwendung von diesen Schwingungen, nämlich die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in festen Körpern veröffentlichte er zuerst 1797 unter dem Titel: *Ueber Longitudinalschwingungen und über die Fortleitung des Schalles in festen Körpern* in Voigt's Magazin d. Naturkunde I, 1, und umfassender in seiner *Akustik*, Leipzig 1802. Er fand die Schallgeschwindigkeit, wenn sie in der Luft = 1 gesetzt wird, in

Zinn 7½	Kupfer 12	Glas 17
Silber 9	Eisen 17	Verschied. Hölzer 11—17.

¹⁾ Chladni, Akustik, S. 94.

²⁾ Bindseil, Akustik, S. 185.

Endlich machte Chladni die Entdeckung der drehenden Schwingungen eines Stabes, welche er 1799 in Bd. II der *Neuen Schriften der Gesellschaft naturforsch. Freunde in Berlin* veröffentlichte.

Was die Schwingungen einer Scheibe betrifft, so wurden auch sie zuerst von Chladni in Untersuchung genommen. Die Resultate derselben, worunter besonders die Entdeckung der Klangfiguren Chladni's Namen verewigen wird, wurden zuerst in der oben genannten Schrift von 1787 publicirt, und späterhin erweitert in der Akustik von 1802.

330. Die Schwingungen der Luft, deren empirische Kenntniß natürlich so alt ist als die der Blaseinstrumente, haben ihre wissenschaftliche Untersuchung erst in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts gefunden, hauptsächlich durch nachgenannte Schriften; Lagrange: *Sur la propagation du son, Miscell. Societ. taurin. I u. II, 1759, 1762*; Dan. Bernoulli: *Sur le son et sur les tons des tuyaux d'orgues differemment construits, Mém. de Paris 1762*; Euler: *Nov. Comment. Acad. Petrop. XVI, 1771*; Giord. Riccati: *Delle corde etc., Bologna 1767*; Lambert: *Sur les flûtes, Mém. de Berlin 1775*.

Auch die Instrumente, in denen Luft zugleich mit einem festen Körper in tönende Schwingungen versetzt wird, wie z. B. die Zungenpfeifen, von denen die mit frei durchschlagender Zunge ums J. 1780 von Kratzenstein zu Petersburg erfunden zu sein scheinen, wurden von Euler einer mathematischen Untersuchung unterworfen (*Acta Petrop. 1779*), die in neuerer Zeit durch W. Weber ¹⁾ namentlich in experimenteller Beziehung eine wesentliche Erweiterung erfuhr.

Nachdem man mehrere der künstlichen Gase kennen gelernt, wurden auch diese in Bezug auf ihre akustischen Eigenschaften untersucht. Der unermüdliche Priestley, der selbst eine so ansehnliche Zahl neuer Gase entdeckte, brach

¹⁾ Theorie der Zungenpfeifen, Poggend. Ann. XVII, 193 (1829).

hier die Bahn. Er stellte die ersten Versuche an über die Stärke, mit welcher sich der Schall in verschiedenen Gasen verbreitet ¹⁾. Er stellte eine Glocke mit Hammer unter eine mit der zu untersuchenden Gasart gefüllte Glasglocke und ermittelte, in welcher Entfernung der Schall noch gehört werden konnte. In Wasserstoff fand er den Schall fast so schwach wie im Vakuum, in Sauerstoff lauter als in Luft, und in kohlensaurem Gas konnte er ihn nahe anderthalb mal weiter hören als in Luft. Priestley schloß daraus, daß die Stärke der Fortpflanzung des Schalles in den Gasen im Ganzen der Dichte oder dem spec. Gewicht derselben proportional sei.

Später nahm Perolle diese Untersuchung wieder auf, und verfuhr dabei in derselben Weise ²⁾. Er fand, die Stärke der Fortpflanzung des Schalles in der atm. Luft = 1 gesetzt, für

Sauerstoff	1,135	Kohlensaures Gas	0,82
Salpetergas	1,23	Wasserstoffgas	0,234,

was freilich von Priestley's Angaben besonders bei der Kohlensäure abweicht.

Endlich stellte unser Landsmann Chladni auch die ersten Versuche über die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in verschiedenen Gasen an, und zwar auf die sinnreiche Weise, daß er Orgelpfeifen mit diesen Gasen ansprechen liefs. Die ersten unvollkommenen Versuche machte er 1798 in Voigt's Mag. d. Naturkunde I, St. 3, S. 65 in der Abhandlung *Ueber die Töne einer Pfeife in verschiedenen Gasarten* bekannt, genaueres theilte er in seiner Akustik von 1802 mit, woraus u. A. hervorging, daß von den untersuchten Gasen der Schall in Kohlensäure am langsamsten und in Wasserstoff am schnellsten fortgepflanzt wird.

Der um die Akustik so vielfach verdiente Ernst Florens Friedrich Chladni wurde 1756 zu Wittenberg geboren und

¹⁾ Experiments and observations etc. Lond. 1779.

²⁾ Mém. de l'Acad. de Toulouse 1781.

starb 1827 zu Breslau. Er war Dr. phil. und jur., bekleidete keine amtliche Stellung, sondern lebte von dem Ertrage seiner Werke und akustischen Vorlesungen, die er an verschiedenen Orten hielt, daher er auch viel auf Reisen war. Außer seinen zahlreichen akustischen Arbeiten hat er sich auch einen Namen gemacht durch seine schätzbaren Forschungen über Feuermeteore und die Pallas'sche Eisenmasse. Ueberdies ersann er zwei musikalische Instrumente, Euphon und Clavicylinder, bei denen Stäbe, wie bei einer Harmonika, zum Tönen gebracht werden. Bei dem Clavicylinder sind dieselben aus Holz, bei dem Euphon aus Glas; dieses führte er 1790, jenen im J. 1800 aus. Beide sind sehr zweckmässig konstruirt, zeichnen sich auch durch einen schönen sanften Klang aus, entbehren aber der in den meisten Fällen wünschenswerthen Kraft, und haben daher keine weitere Verbreitung gefunden.¹⁾

Elektricität.

331. Wenn man die Frage aufwirft, wodurch die physikalischen Forschungen seit Newton's Zeit eine so veränderte Richtung und einen so außerordentlichen Umfang erlangt haben, so muß sie unbedenklich dahin beantwortet werden, daß es vornehmlich das Studium jener räthselhaften Wesen sei, welche wir in Ermangelung einer besseren gemeinsamen Benennung mit dem Namen Imponderabilien belegen, das Studium des Lichts, der Wärme, der Elektricität und des Magnétismus.

Man kann durchaus nicht sagen, daß die Erforschung der, wenn ich mich so ausdrücken darf, gröberen Körper-Eigenschaften, der Molekularphänomene, darüber vernachlässigt worden wäre. Im Gegentheil hat auch diese seit den Zeiten des großen Briten sehr bedeutende Fortschritte gemacht und so umfangreiche zugleich, daß ja eben deshalb die Chemie, die einen beträchtlichen Theil dieser Molekularphänomene umfaßt, ganz von der Physik abge-

¹⁾ Zamminer, Die Musik, S. 201.

zweigt worden ist. Allein auf dem Gebiet, welches nach dieser Theilung der Physik verblieben ist, sind doch nirgend so tief in die ganze Wissenschaft eingreifende Entdeckungen gemacht, als eben bei den sogen. Imponderabilien.

Das Räthselhafte und Geheimnißvolle dieser Wesen an sich und der Rolle, welche sie in der Natur zu spielen bestimmt sind, die Mannichfaltigkeit und das Wunderbare der Erscheinungen, welche durch sie hervorgerufen werden, hat die Wißbegierde, seitdem einmal die Aufmerksamkeit auf sie hingelenkt worden ist, in immer gesteigertem Maße angespornt. In immer größerer Anzahl sind die Physiker zu der Beschäftigung mit ihnen hinübergezogen worden, und die reiche Ausbeute ihrer Untersuchungen, die heutigen Tages vielleicht mehr als dreiviertel aller physikalischen Arbeiten ausmachen, kann die Ansicht erwecken, es werde unsere Wissenschaft bei fernerer Entwicklung ganz in dem Studium der Imponderabilien aufgehen.

Wir kennen heut zu Tage vier solcher allgemein verbreiteten physikalischen Potenzen, es sind die vorher genannten Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus. Ob es deren noch mehr gebe? Nun nach den bisherigen Erfahrungen zu urtheilen, haben wir keinen Grund die Bejahung dieser Frage für wahrscheinlich zu halten. Nach der Entdeckung des Galvanismus glaubten einige Physiker darin eine neue Naturkraft erkennen zu müssen, aber schon nach wenigen Jahren zeigte sich diese Ansicht als irrig, und seitdem ist nie eine ähnliche wieder aufgekommen, obgleich der neuerlich von Faraday entdeckte Diamagnetismus wohl zu einer solchen hätte Anlaß geben können, da es im Grunde bis jetzt noch nicht geglückt ist, die Erscheinungen des Diamagnetismus in einer völlig befriedigenden Weise auf die Gesetze des Magnetismus und der Elektricität zurückzuführen.

Bis jetzt also verbleibt es in Betreff der Imponderabilien bei der Zahl vier, und es ist wohl bemerkenswerth, daß diese vier oder vielmehr dieses Doppelpaar Licht und

Wärme einerseits, Elektricität und Magnetismus andererseits, im Grunde schon so lange bekannt sind, als überhaupt die Physik existirt. Aber freilich blieb die Kenntniß des letzteren Paares in den früheren Epochen unserer Wissenschaft ungleich beschränkter als die des ersteren, wohl deshalb, weil uns die Natur zur unmittelbaren Wahrnehmung von Elektricität und Magnetismus keine Organe verliehen hat, weil wir sie nur aus ihren Wirkungen erkennen können, und es schon complicirter Hilfsmittel bedarf, um diese Wirkungen so zu steigern, daß sie einer genaueren Untersuchung fähig werden.

332. Außer den schwachen elektrischen Erscheinungen beim Bernstein und Lynkurion (§ 13) kannten die Alten, und mußten sie nothwendig kennen, die gewaltsamste aller in der Natur, das Gewitter. Aber sie hatten auch Kenntniß von einer viel seltneren und schwächeren Aeufserung der atmosphärischen Elektricität, ich meine das Elmsfeuer (§. 14). Jedoch von Theophrast an, das ganze Mittelalter hindurch, in einem Zeitraum von fast 2000 Jahren, kümmerte sich Niemand um die Elektricität, während doch unterdeß ein anderes Imponderabile, das Licht, mehrseitige Beachtung fand, und die Kenntniß von demselben doch wenigstens einige Fortschritte machte, ja sogar der Magnetismus in den Erscheinungen des Kompasses hin und wieder einiges Nachdenken erweckte.

Erst William Gilbert, derselbe einsichtsvolle Mann, den ich früher (§ 122) als Entdecker des Erdmagnetismus bezeichnete, nahm sich auch der vergessenen Elektricität wieder an, und die Art, wie er es that, giebt ihm das volle Anrecht als der Gründer der Elektricitätslehre angesehen zu werden.

Zu dem Bernstein und Lynkurion, den beiden einzigen Substanzen, welche den Alten als elektrisirbar bekannt waren, lehrte er zunächst eine ganze Reihe von Körpern kennen, die sich ebenso verhalten: Edelsteine mancher Art als Diamant, Sapphir, Amethyst, Opal, Beryll, Gagat, Flußspath, dann Glas, Glasflüsse, Schwefel, Kolo-

phon, Mastix, Gummilack, Steinsalz u. a. m. Dabei führt er eigends an, was die Alten unerwähnt lassen, daß das Reiben nothwendig sei, um diese Körper elektrisch zu machen. Zugleich aber zeigt er, daß nicht alle Körper durch das Reiben elektrisch werden, namentlich nicht die Metalle; daß diese aber dennoch der elektrischen Anziehung unterliegen, wenn man sie nach Art einer Kompassnadel auf einer Spitze schweben läßt und ihnen einen bereits elektrisirten Körper nähert; daß dagegen glühende Körper und die Flamme nicht angezogen werden.

Er beobachtete ferner, daß die elektrischen Erscheinungen sehr vom Feuchtigkeitszustand der Luft abhängen, in trockner Luft, also bei Nord- und Ostwinden viel besser gelingen als in feuchter bei Süd- und Westwinden. Merkwürdig ist, daß er nur die elektrische Anziehung kennt, nicht die elektrische Abstofsung. Ja er hebt es sogar als eine Verschiedenheit des Magnetismus von der Elektricität hervor, daß bei jenem Abstofsungen vorkommen, bei dieser nicht.

Man sieht hieraus, daß Gilbert noch keine Kenntniß von der Dualität der Elektricität hatte, was auch dadurch bestätigt wird, daß unter den von ihm aufgezählten elektrisirbaren Körpern sowohl positive (Glas) wie negative (Schwefel) vorkommen, ohne daß er irgend einen Unterschied an ihnen hervorhebt. Dagegen kannte er sehr wohl die Verschiedenheit der Elektricität von dem Magnetismus, und giebt als Gründe dafür u. A. an:

- 1) daß die Elektricität nur durch Reiben entstehe;
- 2) daß sie durch Feuchtigkeit, feuchte Luft, vernichtet werde;
- 3) daß ein elektrisirter Körper sehr viele Körper anziehe, der Magnet aber nur sehr wenige, Stahl und Eisen;
- 4) daß bei der elektrischen Anziehung sich nur der eine Körper bewege, bei der magnetischen jeder der beiden!

Gilbert veröffentlichte seine Untersuchungen in dem schon genannten Werke (§ 122): *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure*, Lond. 1600. In diesem Werk führt er auch das Wort elektrisch in die Wissenschaft ein, indem es darin (lib. II, cap. II, p. 54. Edit. Sedini 1628) heisst: *Vim illam electricam nobis placet appellare, quae ab humore provenit*. Dieses Werk muß nicht allein wegen der darin enthaltenen Entdeckungen als erster Quell der Elektrizitätslehre betrachtet werden, sondern ebenso sehr, weil es der Ausgangspunkt der Arbeiten späterer Physiker auf diesem Felde wurde, die indefs anfangs demselben wenig Neues hinzufügten.

Einer der ersten, der sich nach **Gilbert** und durch ihn veranlaßt mit der Elektrizität beschäftigte, war der Jesuit **Nicolo Cabeo** (1585 — 1650), der in seiner *Philosophia magnetica* 1639 (§ 128), worin er sich hauptsächlich mit dem Magnetismus befaßt, auch auf die Elektrizität kommt, und der **Gilbert'schen** Reihe von elektrisirbaren Körpern noch einige hinzufügt z. B. weißes Wachs, rohen Gyps. Nächst ihm sind es die florentiner Physiker, welche elektrische Versuche anstellen. Sie fanden u. A., daß Körper, die durch Reiben elektrisirbar sind, dennoch nicht elektrisch werden, wenn der reibende Körper eine glatte Oberfläche besitzt, und außerdem machten sie die bemerkenswerthe Beobachtung, daß die elektrische Kraft des geriebenen Bernsteins zerstört werde, wenn man ihn um eine Lichtflamme herumführt (§ 177, IX). Aber auch sie sprechen in ihrer ganzen Untersuchung nur von elektrischer Anziehung.

Die übrigen Physiker, welche sich im XVI. und in der ersten Hälfte des XVII. Jahrhunderts mit der Elektrizität beschäftigten z. B. **Fracastore**, **Cardano**, **Gassendi** und **Descartes** stellten keine experimentellen Untersuchungen an, sondern machten Hypothesen, womit man überhaupt in jener Zeit viel schneller als jetzt bei der Hand war, Hypothesen über die Ursache und das Wesen der Elektrizität, die natürlich dem Zustande ihrer Kenntnisse von diesem

Agens ganz entsprechend waren, und hier füglich übergangen werden können.

333. Der erste, der nach Gilbert die Kenntniß der Elektricität erheblich vermehrte, war unser Landsmann **Otto v. Guericke**. Es ist bereits § 191 die Vorrichtung beschrieben, welche er konstruirte um stärkere elektrische Wirkungen zu erhalten, und in der wir den ersten Schritt zur Erfindung der Elektrisirmaschine erkennen. Mittelst dieses Apparates beobachtete **Guericke** nun die elektrische Abstosung, die vor ihm Niemand wahrgenommen hatte, das schwache phosphorische Leuchten im Dunkeln (nicht den eigentlichen elektrischen Funken), und das knisternde Geräusch beim Elektrisiren seiner Schwefelkugel. Er sahe auch, daß eine von der Kugel zurückgestoßene Flaumfeder beständig nur eine Seite derselben zukehrte, und daß Fäden in der Nähe der elektrischen Kugel bei Annäherung seines Fingers zurückfuhren¹⁾, Erscheinungen, die erst in späterer Zeit ihre Erklärung fanden.

Um dieselbe Zeit lernte man durch **Picard** 1675 auch das elektrische Licht kennen, welches das Leuchten unvollkommen ausgekochter Barometer hervorbringt, ohne eine Ahnung davon zu haben, daß dieses Licht elektrischer Natur sei (§ 220).

Nach **Otto v. Guericke** legte sich **Robert Boyle** auf dieses Gebiet der Physik. Außer mehreren Beobachtungen, die nicht wesentlich von denen Gilbert's abweichen, machte er auch die, daß die elektrische Anziehung gleichfalls im Vakuum der Luftpumpe stattfindet; überdies sahe er, daß verschiedene Diamanten nach dem Reiben nicht allein elektrische Anziehung zeigten, sondern auch im Dunkeln leuchteten, und daß die Elektrisirung desto stärker und dauerhafter ausfalle, je reiner, wärmer und glatter die Oberfläche der geriebenen Körper sei²⁾.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. II, 237.

²⁾ Ibid. II, 239, 240.

Auf diese Versuche folgten bald die vom Dr. Wall, einem Landsmann R. Boyle's, die derselbe im J. 1698 in den Philos. Transact. bekannt machte. Wall glückte es, ein großes Stück Bernstein durch bloßes Reiben mit Wollenzeug aus freier Hand so elektrisch zu machen, daß es nicht nur ein ziemlich starkes Licht gab, sondern auch, wenn man ihm einen Finger näherte, unter sehr hörbarem Knistern, wie er sagt, eine Lichtflamme aussandte, die den Finger sehr empfindlich berührte, und ein Blasen wie von einem Winde verursachte. Das war die erste Spur einer elektrischen Entladung und einer physikalischen Wirkung derselben. Sehr merkwürdig ist die Aeußerung, mit welcher Dr. Wall den Bericht von seinen Versuchen schließt. Er sagt: Dieses Licht und Knistern scheint einigermaßen Blitz und Donner vorzustellen!

Auch Newton beschäftigte sich gelegentlich einmal mit der Elektricität, nämlich im J. 1675, wo er der Royal Society den bereits § 283 beschriebenen Versuch vorlegte und denselben, der zuerst die elektrische Ladung einer Glasplatte enthielt, zur weiteren Verfolgung empfahl; es scheint aber nicht, daß der Versuch weiter beachtet worden wäre.

334. Endlich nahm sich Hawksbee, derselbe talentvolle Mann, dessen ich schon früher mehrfach bei anderen Gelegenheiten gedacht habe, der verlassenen Elektricität wieder an, und publicirte in den Philos. Transact. von 1705 an eine Reihe von Versuchen, die zu den besten gehören, welche seit Gilbert's Zeiten angestellt wurden, und die Hawksbee später gesammelt in seinen *Physico-mechanical experiments, London 1709* herausgegeben hat.

Den Ausgangspunkt seiner Untersuchungen bildete das Phänomen, welches man damals allgemein mit dem Namen des merkurialischen Phosphors belegte, das Leuchten des Quecksilbers im Barometer (§ 220). Er ersann zunächst einige Vorrichtungen um dieses Leuchten recht auffallend zu machen, indem er Quecksilber in Glasgefäße brachte, diese mit der Luftpumpe auspumpte und hierauf

das Quecksilber auf verschiedene Weise in Bewegung setzte, wobei es lebhaft leuchtete¹⁾. Hierdurch kam er auf den Gedanken, das Licht möge wohl durch das Reiben des Quecksilbers am Glase hervorgebracht werden, und überhaupt das Phänomen ein elektrisches sein. Und dies gab ihm wieder Veranlassung eine hohle Glaskugel auf eine Axe zu stecken, und durch Schnur und Rad in Rotation zu setzen, wo er sie dann, wenn er beim Rotiren die Hand daran hielt, stark elektrisch werden sah. Hatte er die Kugel luftleer gepumpt, so sah er in derselben ein helles Leuchten entstehen, und wenn er ihr von aussen einen Finger näherte, so sah er schon in einem Abstand von 1 Zoll einen elektrischen Funken aus ihr hervorschießen. Das war der erste wahrhafte elektrische Funke, und zugleich der erste Beweis von der großen elektrischen Kraft des geriebenen Glases.

Hawksbee blieb nicht bei der Glaskugel stehn, sondern ersetzte dieselbe auch successive durch eine Kugel von Siegelack, Schwefel und Harz untermengt mit Ziegelmehl. Alle gaben ihm ähnliche obwohl schwächere Wirkungen als das Glas. Aber merkwürdiger Weise entging auch diesem sonst so geschickten Beobachter der qualitative Unterschied zwischen der Elektricität des Glases und der der drei letzten Körper. Er fand die Elektricität des Glases von gleicher Art mit der des Siegelacks und nur in der Stärke von derselben verschieden. Bei diesen und anderen Versuchen machte er auch die Beobachtung, daß der Druck beim Reiben die Erregung der Elektricität nicht sonderlich vermehrt, im Gegentheil ein Reiben mit mäßigem Druck am vortheilhaftesten wirke.

Die Versuche von Hawksbee erregten, wie man sich leicht denken kann, viel Aufsehen bei den Zeitgenossen; allein sie wurden anfänglich doch nicht so verfolgt, wie man hätte glauben sollen, und namentlich wurde die Idee der Glaskugel-Maschine, die so leicht zur Elektrisirmaschine

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. III, 445.

hätte führen können, nicht weiter ausgebildet; allgemein blieb man bei Glasröhren stehen, die man aus freier Hand rieb. Nur in einer Beziehung, in Beziehung auf die Hervorbringung des phosphorischen Lichtes, wurden die Versuche von anderen Physikern aufgenommen und fortgesetzt. Dahin gehören Vorrichtungen wie die eines leipziger Mechanikers, beschrieben von Christian v. Wolf in *Experimenta physica oder allerhand nützliche Versuche*, Halle 1721 — 1723; ferner des Franzosen Polynier, besonders aber eine Reihe von Versuchen, von Joh. Bernoulli und Jacques Cassini, die in den Mém. de Paris von 1707 beschrieben werden. Bemerkenswerth darin ist die Erwähnung des Katzenlichts und der Lichterregung beim Reiben von Quecksilber-Amalgam an Glas ¹⁾.

Die Versuche Hawksbee's, der um's J. 1713 starb, ohne daß sich etwas Anderes von seinen Lebensumständen sagen läßt, als daß er Curator of experiments der Roy. Society war, bilden einen gewissen Abschnitt in der Elektricitätslehre, da nach ihm eine Pause von fast 20 Jahren eintrat, in der für die Erweiterung dieses Zweiges der Physik durchaus nichts geschah.

Ueberblickt man, welche Fortschritte bis dahin gemacht waren, so muß man bekennen, daß dieselben in dem Zeitraum von mehr als hundert Jahren, der seit Gilbert's Tod verflossen, sehr gering waren. Man hatte zu der elektrischen Anziehung auch die Abstoßung kennen gelernt, hatte das elektrische Licht in Form des diffusen Leuchtens und des kompakten Funkens gesehen, hatte dessen Geräusch gehört und dessen mechanische Wirkung gefühlt; aber dies alles nur in sehr schwachem Maße, da die Mittel zur Verstärkung der Wirkungen sehr ungenügend waren. Man kannte keine andere Elektricitätsquelle als das Reiben, und wußte auch noch nichts von dem Unterschied, den die Körper in Bezug auf die Elektricitäts-erregung und Elektricitätsleitung darbieten.

¹⁾ Fischer, ibid. III, 460.

335. So blieb es bis zum J. 1729, wo **Stephen Gray**, der in London lebte und Mitglied der Roy. Society war, eine Reihe von Versuchen unternahm, die zunächst zu der wichtigen Entdeckung der Elektricitäts-Mittheilung führte. Im Grunde hatte man die Mittheilung schon bei der Abstoßung, sowie die Vertheilung der Elektricität bei der Anziehung beobachtet, aber beide unbewußt; auf eine bewußte Weise entdeckte sie erst **St. Gray**, und zwar folgendermaßen.

Gray hatte eine $3\frac{1}{2}$ Fuß lange und zollweite Glasröhre an beiden Enden mit Korkstöpseln versehen um zu ermitteln, ob die geriebene Röhre einen Unterschied beim Anziehen erkennen liefs, wenn sie offen oder verschlossen war, er fand aber keinen merklichen Unterschied. Bei diesem Versuche ereignete es sich, daß eine Flaumfeder, die dem oberen Ende der Röhre gegenüber gehalten wurde, nach dem Stöpsel hinflieg und von diesem ebenso angezogen und abgestoßen ward, wie von der Röhre selbst. Es war dem Kork also von der Röhre eine anziehende Kraft oder Elektricität mitgetheilt. Hierauf steckte **Gray** in den Kork einen 4 Zoll langen Holzstab und auf das obere Ende des letzteren eine Elfenbeinkugel, worauf auch diese sich elektrisch zeigte, und sogar noch stärker als der Korkstöpsel zuvor. Als der Holzstab durch Messing- und Eisendraht ersetzt wurde, zeigte sich beim Versuch der nämliche Erfolg, es wurde aber bemerkt, daß die Feder von dem Drahte nicht so stark angezogen wurde, wie von der Kugel am Ende ¹⁾.

Wenn dem Draht eine größere Länge gegeben wurde, so gerieth er beim Reiben der Röhre in lästige Schwankungen, wodurch **Gray** auf den Gedanken kam statt des Drahtes einen Bindfaden zu nehmen, der mit dem einen Ende an die Röhre, mit dem anderen an die Elfenbeinkugel befestigt wurde. Auch jetzt verhielt sich die Kugel wie früher, und zog selbst noch, nachdem sie von einem

¹⁾ Fischer, *ibid.* V, 434 ff.

26 Fuß hohen Balkon mittelst der Schnur herabgelassen war, leichte Körper auf dem Hofe an.

Bei dem Bestreben die Elektricität in noch größere Entfernungen fortzuleiten, wurden in Ermangelung bedeutender Höhen horizontale Leitungen herzustellen gesucht, was wiederum eine Entdeckung im Gefolge hatte. Zunächst führte Gray die hanfene Schnur von der Glasröhre aus in horizontaler Richtung durch die Schleife eines anderen Bindfadens, der an einem Nagel oben im Balken hing; von dieser Schleife ging die Schnur mit der Elfenbeinkugel senkrecht herab. Diese verhielt sich nun aber nicht elektrisch, als die Glasröhre gerieben wurde, und Gray sah als Ursache hiervon den am Nagel hängenden Bindfaden an, der die bis zur Schleife gelangende Elektricität ganz oder größtentheils fortführe; er wußte aber nicht, wie sich dies verhindern lasse.

Im Juni 1729 besprach sich Gray mit einem Hrn. Granville Wheler, Geistlicher und Mitglied der Roy. Soc., über diesen Versuch, und dabei äußerte der letztere, es sei wohl besser zum Aufhängen einen Seidenfaden statt der Hanfschnur zu nehmen, da jener dünner sei und deshalb wahrscheinlich weniger Elektricität fortführen werde. Es ward beschlossen den Versuch mit dieser Abänderung zu wiederholen, und der Vorsatz am 2. Juli 1729 in einer langen Galerie in Wheler's Haus ausgeführt. Die an die Glasröhre befestigte Schnur war 80 Fuß lang und über quer ausgespannte Seidenfäden der Art gelegt, daß das Ende mit der Elfenbeinkugel etwa 9 Fuß herabhing.

Jetzt glückte der Versuch; die Kugel zeigte sich stark elektrisch, und war es noch, als die Hanfschnur durch Hin- und Herführen auf 147 ja bis auf 765 Fuß verlängert wurde. Als indess bei einem dieser Versuche die seidenen Querschnüre rissen, und durch festeren Messingdraht ersetzt wurden, erhielt die Kugel keine Elektricität, obwohl die Drähte ebenso dünn waren wie die seidenen Fäden.

So war der Unterschied zwischen leitenden und nichtleitenden Körpern experimentell nachgewiesen und

festgestellt, obwohl man vielleicht sagen kann, daß Gray und Wheler noch nicht daran dachten die neu entdeckte Thatsache zu verallgemeinern. Indefs lernten sie doch bei fernerm Experimentiren mehrere Substanzen kennen, welche die Eigenschaft des Nichtleitens besitzen, als Haare, Harze, Glas, und sie benutzten dieselbe zur Anstellung einiger lehrreichen Versuche. Einer von diesen, der wie man sich leicht vorstellen kann, großes Aufsehen machte, war folgender: Gray hing einen Knaben in horizontaler Lage an Haarschnüren auf, und theilte ihm mittelst der geriebenen Glasröhre Elektricität am Fuße mit, sofort wurde Flittergold von seinem Kopf so stark angezogen, daß es oft 8 bis 10 Zoll in die Höhe flog. Diesen Versuch änderte Gray mit gleichem Erfolge auch dahin ab, daß er den Knaben auf einen Harzkuchen stellte; also der erste Isolirschmel 1732. Er elektrisirte auch einen Knaben durch einen anderen, die beide isolirt und durch eine Kommunikationsschnur verbunden waren.

Ferner elektrisirte Gray Wasser, indem er es in einer hölzernen Schale oder einem Becher auf einen Harzkuchen oder eine Glasscheibe stellte. Wurde ein Stückchen Draht, dünnes Papier und dgl. etwa 1 Zoll hoch über jenem Wasser gehalten, so wurden diese Substanzen nach der Oberfläche des Wassers hingezogen und nachher wieder zurückgestoßen. Hatte er den Becher bis über den Rand mit Wasser gefüllt und hielt eine elektrisirte Röhre 1 Zoll hoch darüber, so sah er unter derselben einen kleinen Wasserberg sich erheben, aus dessen Gipfel im Dunkeln ein Licht hervorkam, wobei zugleich ein Knistern gehört wurde. Berührte er die Röhre mit dem Finger, so fiel der Berg in das Wasser hinein, wie er sich ausdrückte.

Zu den anderweitigen Erfahrungen, die Gray machte, gehört noch die, daß es, um einem Körper Elektricität mitzutheilen, nicht nöthig ist die Kommunikationsschnur mit der geriebenen Glasröhre zu berühren, sondern daß es hinreichte letztere nur einige Zeit nahe zu halten. Ferner beobachtete er, daß sich die elektrische Anziehung auch

durch ein Vakuum fortpflanzt, und die elektrischen Wirkungen durch einen Magneten nicht gestört werden. Besonders hervorzuheben ist noch die Entdeckung von ihm, daß es bei der Elektrisirung eines Körpers nicht auf die Masse, sondern auf die Oberfläche ankomme, indem ein hohler Würfel von Eichenholz ebensoviel Elektricität annahm wie ein massiver von gleicher Größe.

Gray setzte seine Untersuchungen fort bis zu seinem 1736 in London erfolgten Tod. Wann und wo dieser verdienstvolle Mann geboren ist, wissen wir nicht, so wenig wir etwas Näheres von seinen Lebensumständen kennen. Ganz jung kann er nicht gestorben sein, denn wir finden schon 1696, also 40 Jahre vor seinem Tode, eine Abhandlung von ihm in den Phil. Transactions, worin er sich als sinniger Forscher erweist, und Untersuchungen mit einem einfachen Mikroskop aus einem Wassertropfen beschreibt.

Man darf übrigens Stephen Gray nicht verwechseln mit Edward Whittaker Gray, welcher auch über Elektricität geschrieben hat. Derselbe war Dr. Med., Aufseher der Sammlungen des britischen Museums sowie Mitglied und Sekretär der Roy. Soc. Er lebte von 1748 bis 1806, und ist in London geboren und gestorben.

336. Durch Gray's Versuche wurde die Aufmerksamkeit wiederum allgemeiner auf die Elektricität hingelenkt, und namentlich gaben sie Veranlassung, daß sich in Frankreich, wo man bis dahin die Elektricitätslehre ganz vernachlässigt hatte, ein ausgezeichnete Beobachter diesem Zweige der Physik zuwandte. Dies war Charles François de Cisternay du Fay gewöhnlich Dufay, geb. 1698 zu Paris, der Sohn eines Gardelieutenants. Auch der junge Dufay trat schon früh in Kriegsdienste, machte als 14-jähriger Lieutenant einige Schlachten im spanischen Erbfolgekrieg mit, und brachte es bis zum Hauptmann. Der eingetretene Friede und die damit verbundene geringe Aussicht zum Avancement, sowie seine schwächliche Gesundheit bewogen ihn dem Militär zu entsagen, und sich den Wissenschaften zu widmen.

Er wendete sich zunächst der Chemie zu, die schon von seinem Großvater gepflegt worden war, und hatte das Glück sich bald durch einige Arbeiten auf diesem Felde, deren erste über das Leuchten der Barometer 1723 erschien, die Gunst der Akademie so zu erwerben, daß sie ihn zum Mitglied ernannte. Er legte sich nun mit Eifer auf die Physik, und namentlich auf das Studium der magnetischen sowie auch, durch Gray's Entdeckungen angeregt, der elektrischen Erscheinungen. Selbst die Stelle eines Intendanten des botanischen Gartens, die er 1732 erhielt, und die ihn zwang sich noch mit der ihm unbekannten Botanik zu beschäftigen, zog ihn nicht von den physikalischen Forschungen ab.

Er hat die *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris* mit einer großen Anzahl werthvoller Abhandlungen bereichert, worunter besonders diejenigen über Elektricität ihm einen ehrenvollen Platz unter den Physikern sichern. Seine letzte Arbeit war eine optische über die doppelbrechenden Krystalle. Er starb 1739 an den Blattern im noch nicht vollendeten 41. Jahre; in einem Brief an den Minister *Maurepas* hatte er vor seinem Ende *Buffon* zu seinem Nachfolger vorgeschlagen.

Dufay's elektrische Untersuchungen beginnen mit dem Jahre 1733, und betreffen zunächst das Leitungsvermögen. Nachdem er eine große Anzahl von Körpern untersucht, fand er, daß alle durch Reiben elektrisch werden, besonders im erwärmten Zustand, mit Ausnahme der Metalle, der weichen und flüssigen Körper. Er legt auch dar, woraus dieser Unterschied entspringt; daß es die nicht- oder schlechtleitenden Körper sind, welche durch das Reiben elektrisch werden, daß dagegen die leitenden, eben ihrer Leitungsfähigkeit wegen keine Elektricität annehmen oder behalten können.

Unter den speciellen Thatsachen, die er auffand, sind besonders drei bemerkenswerth:

- 1) Um zu erfahren, ob verschiedene Körper ungleich viel elektrische Materie in sich aufnehmen, hing er seidene,

wollene, baumwollene und leinene Fäden an eine auf seidenen Schnüren ruhende Eisenstange, und fand, daß wenn die elektrische Glasröhre der Stange nahe gebracht wurde, die Fäden auseinander gingen, die leinenen am meisten, dann die baumwollenen, am wenigsten die wollenen¹⁾. In diesem Versuch liegt der Keim zur späteren Erfindung des Elektrometers.

2) Die Leitungsfähigkeit eines nassen Bindfadens, durch welchen die Elektricität 1256 Fuß fortgeführt werden konnte.

3) Die Beobachtung, daß sich selbst aus einem lebenden Körper Funken ziehen lassen. Er hing nach Gray's Vorgang einen Knaben an seidenen Schnüren auf, und elektrisirte ihn. Die Umstände dabei müssen wohl günstiger gewesen sein als bei Gray's Versuch, denn er sah, was diesem entgangen war, daß wenn man einen Finger dem Knaben bis auf einen Zoll näherte, Funken aus diesem hervorbrachen, die ein knisterndes Geräusch, sowie ein Stechen und Brennen in dem Finger verursachten.

Der Abt Nollet, später selbst ein eifriger Elektriker, der zugegen war, gerieth über das Erscheinen der Funken aus einer lebendigen Person in große Bestürzung, und Dufay wurde hierdurch veranlaßt, die schon an den Katzen 1707 beobachtete Erscheinung (§ 334) in besserer Weise zu reproduciren, indem er das Thier auf ein seidenes Kissen setzte, und den Rücken gegen die Haare strich. Näherte er dann der Katze einen Finger, so gab sie Funken, die ihr offenbar Schmerz verursachten. Die Versuche Dufay's gaben Anlaß, daß Gray die seinigen wieder aufnahm und abänderte. Er hing hölzerne und metallene Stangen an seidenen Schnüren auf und elektrisirte sie. Dabei fand er, daß sie nun ebenfalls stechende Funken gaben, wie solche aus dem menschlichen Körper erhalten waren, und dies führte von nun an immer zur Anwendung metallischer Leiter.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 452.

Im Verfolg seiner Untersuchungen gelang es Dufay zwei Principien aufzustellen, die wesentlich dazu beigetragen haben Licht und Ordnung in das Gewirr der mannigfachen Erscheinungen zu bringen, nämlich:

1) daß elektrische Körper alle diejenigen, welche nicht elektrisch sind, anziehen; wenn sie ihnen aber Elektricität mitgetheilt haben, abstoßen.

Zu dem zweiten Satz, der eine Berichtigung und Erweiterung des ersten ist, gelangte Dufay auf folgende zufällige Weise; er näherte einem Goldblättchen eine elektrisirte Glasröhre, so daß es dadurch schwebend in der Luft erhalten wurde. Nun näherte er diesem Goldblättchen auch ein geriebenes Stück Kopal, und erwartete, daß es seinem vorstehenden ersten Satze gemäß, von diesem würde abgestoßen werden. Aber siehe da, es ward angezogen und blieb fest daran hängen. Aus dieser Erscheinung zog Dufay den in der Geschichte der Elektricität epochemachenden Schluß,

2) daß es zwei entgegengesetzte Elektricitäten gebe, von denen er die eine Glas-Elektricität, *Electricité vitrée*, die andere Harz-Elektricität, *Electricité résineuse*, nannte.

Das war im J. 1733, und seitdem hat sich diese Ansicht in der Wissenschaft erhalten, obgleich sie anfangs mit großer Vorsicht aufgenommen und später mehrmals bekämpft worden ist. Auf Dufay's Versuche folgten in den Jahren 1739 bis 1742 die von Desaguliers, einem Mitgliede der londoner königlichen Gesellschaft, welche jedoch nicht viel zur Erweiterung der damaligen Kenntnisse beitrugen. Interessant ist die Art, wie er die Anziehung des Wassers zeigte; er hielt über dem aus einem kupfernen Springbrunnen aufsteigenden Wasserstrahl eine elektrische Glasröhre, wobei dieser sich gegen die Röhre krümmte, und bisweilen so stark, daß das Wasser außerhalb des darunter stehenden Gefäßes niederfiel¹⁾. Desaguliers ge-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 474.

brauchte auch zuerst die Wörter Leiter (Conductores) und nicht leitende oder elektrische Körper (corpora electrica per se), und verstand unter den letzteren diejenigen, welche beim Reiben elektrisch werden. Dafs die reine trockene Luft zu den an sich elektrischen Körpern gehöre, hat er ebenfalls wohl zuerst angegeben.

Jean Theophile Desaguliers, obwohl in England lebend, war von Geburt ein Franzose und Sohn eines protestantischen Geistlichen, der nach Aufhebung des Edikts von Nantes Frankreich verließ, nach England zog und daselbst Prediger wurde. Auch der Sohn, geb. 1683 zu La Rochelle, studierte Theologie und ward in späteren Zeiten Kaplan des Prinzen von Wales. Großen Ruf erlangte er durch seine physikalischen Vorlesungen, wegen deren man ihn auch nach Amsterdam und Haag berief; die königl. Gesellschaft indels, in welcher er ein sehr thätiges Mitglied war, bewirkte seine Zurückberufung, indem sie ihm ein Jahrgehalt von 300 Lstrl. aussetzte. Sein Tod erfolgte 1744 zu London. Er hat die Philos. Transact. mit 56 Abhandlungen bereichert, und außerdem seine Vorlesungen herausgegeben unter dem Titel: *A course of experimental philosophy, 2 vol. 4^o, London 1734.* Seine Untersuchungen betrafen die Centrifugalmaschine, die Muskelkraft des Menschen, das Bathometer, Pyrometer, Hygrometer, den Ventilator, Rost der Körper, Widerstand der Luft u. a. m.

Elektrisirmaschine.

337. Alle bis dahin in der Elektrizität gemachten Entdeckungen waren mit der einfachsten, rohesten elektrischen Vorrichtung, mittelst einer aus freier Hand geriebenen Glasröhre gewonnen worden, und keiner hatte daran gedacht, den von Otto v. Guericke und Hawksbee angeregten Gedanken weiter zu verfolgen (§ 191, 334). Der erste, welcher diesen Gedanken wieder aufnahm, war Christian August Hausen (1693—1743) Professor der Mathematik und Physik in Leipzig. Er war indels dazu nicht durch Hawksbee veranlaßt, sondern durch einen seiner

Zuhörer, Litzendorf, welcher das stetig unterbrochene Reiben der Röhre mit der Hand durch eine Glaskugel, die mit Hülfe eines Rades umgedreht wurde, zu ersetzen vorschlug. Hausen ging darauf ein, und beschrieb seinen Apparat in: *Novi profectus in historia electricitatis, Lips. 1743.*

Durch Hausen wurde Georg Matthias Bose, Professor der Physik in Wittenberg, angeregt an die Vervollkommnung der Maschine zu denken. Er fügte ihr eine wichtige Verbesserung, den ersten Konduktor hinzu, eine offene Röhre aus Eisenblech, anfangs gehalten von einer Person, die auf einem Pechkasten stand, später getragen von seidenen Schnüren. Glaskugel und die menschliche Hand als Reibzeug behielt er bei.

Mittelst dieser Maschine beobachtete Bose, daß die Person, welche die Kugel rieb, ebenso elektrisch wurde, wie der erste Konduktor, und damit hing zusammen ein Versuch, den er die Beatifikation nannte. Wenn nämlich große Kugeln gebraucht wurden, und die elektrisirte Person auf einem großen Pechkasten stand, so kamen nach und nach aus diesem Flammen hervor, die sich anfangs um die Füße schlangen, dann immer höher stiegen bis zum Kopf, so daß zuletzt das Haupt der Person mit einem hellen Scheine, einer sogenannten Glorie, umgeben war. Als anderen Physikern dieser Versuch nicht in der beschriebenen Weise gelingen wollte, gestand Bose, daß er sich allerdings dazu eines besonderen Anzugs, eines Harnisches mit allerlei stählernen Zierrathen bedient habe¹⁾.

Ferner gelang es Bose zuerst Schießpulver durch den elektrischen Funken zu entzünden, was Dufay vergeblich versucht hatte, auch zeigte er, daß die Körper durch die Elektrisirung ihr Gewicht nicht verändern.

Dieser verdiente Mann, der 1710 zu Leipzig geboren und seit 1743 sehr thätig im Gebiet der Elektricität war, hatte das Unglück im siebenjährigen Kriege von den Preußen, nachdem er durch das Bombardement von Witten-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 559.

berg alle seine Habseligkeiten verloren, 1760 als Geißel nach der Festung Magdeburg abgeführt zu werden, wo er 1761 starb.

Von jetzt ab ward die Elektrisirmaschine gleichsam Mode, und zahlreiche Vorschläge wurden zu ihrer Verbesserung gemacht. **Andreas Gordon** (1712—1751) ein Schotte von Geburt, Benediktiner und Professor der Philosophie im Ordenskloster zu Erfurt, nahm statt der Kugel einen Glaszylinder von 8 Zoll Länge und 4 Zoll Durchmesser, den er nicht durch ein Rad drehte, sondern durch eine über einen Bogen gespannte Schnur, einen Drechslerbogen, hin und her bewegte. **Gordon** ist auch Erfinder der elektrischen Fontäne, des elektrischen Spitzenrades (Flugrades) und des elektrischen Glockenspiels.

Gordon's Maschine wurde anfänglich von **Winkler** in Leipzig nur dahin abgeändert, daß er die Schnur durch Treten mit dem Fuß wie bei der Drechslerbank bewegte, aber bald ging er zu der **Hausen'schen** Einrichtung über, steckte aber 4 Glaskugeln auf eine Axe, weshalb denn auch zwei Personen nöthig waren, um mit ihren Händen die Reibzeuge abzugeben. Eine wesentliche Verbesserung erhielten diese Maschinen jedoch unter **Winkler's** Anleitung durch den leipziger Drechsler **Giefsing**, der das Reibzeug erfand, wodurch die Menschenhände überflüssig wurden. Das Reibzeug bestand aus einem wollenen Kissen, das anfangs durch eine Schraube, später durch eine Metallfeder an die Glaskugel oder den Glaszylinder gedrückt wurde.

338. Durch diese Einrichtung war nun eigentlich die Elektrisirmaschine erst vollkommen, sie hatte Reibzeug und Konduktor, aber die mechanische Ausführung war noch sehr roh, wie man das schon aus den Abbildungen zu den beiden kleinen Werken sieht, worin **Winkler** diese Maschinen beschreibt. Es sind dies: *Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektrizität, nebst Beschreibung zweier elektrischer Maschinen, Leipzig 1744*, und *Eigenschaften der elektrischen Materie nebst etlichen neuen Maschinen zum Elektrisiren, Leipzig 1745*. — **Johann**

Heinrich Winkler, geb. 1703 zu Wingendorf in der Lau-
sitz, der durch diese Erfindungen eine gewisse Epoche in
der Geschichte der Elektrizität begründet, und sich auch
sonst als ein verständiger Beobachter erwiesen hat, war,
als er sich mit Elektrizität zu beschäftigen anfang, Professor
der griechischen und lateinischen Sprache an der Univer-
sität Leipzig, wurde später auch Professor der Physik und
starb als solcher 1770 zu Leipzig.

In Deutschland wurden die neu erfundenen Elektrisir-
maschinen zunächst dazu gebraucht, um leicht verbrenn-
liche Substanzen zu entzünden. Einen solchen Versuch
und den ersten dieser Art machte ein Mitglied der berliner
Akademie Christian Friedrich Ludolf im J. 1744 in der
öffentlichen Sitzung der Akademie in Gegenwart mehrerer
hundert Personen; er entzündete Schwefeläther (*Spiritus*
aethereus Frobenii) durch den Funken, den er aus einer
elektrischen Eisenstange hervorspringen ließ. Winkler that
dasselbe mit einem Funken aus seinem eigenen Finger bei
Weingeist von verschiedener Stärke und bei geschmolzenem
und stark erhitztem Pech, Siegellack und Oel. Und David
Gralath (1739—1809) Professor am Gymnasium zu Danzig
und Verfasser einer geachteten *Geschichte der Elektrizität*
1756 brachte mittelst des elektrischen Funkens ein eben
ausgeblasenes Licht wieder zum Brennen. Gordon endlich
setzte Weingeist durch einen elektrisirten Wasserstrahl in
Brand¹⁾.

Von Deutschland wanderten die neu erfundenen Elek-
trisirmaschinen nach Frankreich und England, wo sie be-
sonders in England mannichfache Abänderungen und Ver-
besserungen erfuhren. Der Abbé Nollet beschrieb zunächst
in seinem *Essai sur l'électricité des corps*, Paris 1747 eine
Maschine, die im Grunde nichts weiter war als die deutsche
Glaskugelmachine und nur darum bemerkenswerth ist,
daß das Reibkissen dabei wiederum durch die Menschen-
hand ersetzt ist. Der Konduktor hing an seidenen Schnüren,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 482, 483.

und hat sich diese Maschine in Frankreich bis zum J. 1770 erhalten. William Watson in London wurde durch einen Briefwechsel mit Bose veranlaßt, durch ein Rad mit Schnüren vier übereinander stehende Glaskugeln auf einmal zu drehen, die sich an vier Kissen rieben. Diese erste complicirte Maschine in England wurde hauptsächlich erbaut, um Bose's Beatifikation nachzumachen, und ist beschrieben in Watson's *Experiments and observations on electricity, London 1745*.

Beide Maschinen boten eigentlich nichts Neues dar, dagegen hatte die, welche Benjamin Wilson ums J. 1746 erbaute, eine neue seitdem beibehaltene Einrichtung. Es war nämlich der Konduktor, der übrigens viel länger und dünner als heutigen Tages war, zum ersten Male mit einem Kollektor oder Kamm mit Metallspitzen zum Einsaugen der Elektrizität versehen, und die Maschine eine Cylindermaschine.

Eine wichtige Verbesserung erfuhr das Reibzeug ums J. 1762 durch John Canton. Ohne wie es scheint etwas von den Erfahrungen zu wissen, welche Joh. Bernoulli 1707 machte (§ 334), kam er darauf zu versuchen, ob das Quecksilber, gleich wie es innerhalb einer Röhre im Barometer beim Reiben oder Schütteln Elektrizität entwickelt, dieselbe auch außerhalb unter gleichem Verfahren gewährt. Er tauchte daher Glasröhren in Quecksilber, und da er sie beim Herausziehen positiv elektrisch fand, so brachte ihn dies auf den Gedanken das Reibzeug seiner Kugel- oder Röhrenmaschine, welches anfänglich aus geöltem Seidenzeug bestand, mit einem Amalgam von Quecksilber und Zinn, dem etwas Kreide beigemischt war, zu bestreichen. Dadurch fand er denn die Wirkung ansehnlich verstärkt, und seitdem ist diese nützliche Erfindung bei allen Maschinen benutzt. Sie wurde noch weiter vervollkommnet durch einen Dr. Noothe, welcher im J. 1773 den geriebenen Glascylinder mit Wachstaffet bekleidete, um die Zerstreuung der erregten Elektrizität zu verhüten.

Eine der ersten Cylindermaschinen, die mit allen bis dahin gemachten Vervollkommnungen versehen ist, an wel-

cher der Konduktor die jetzt übliche Form besitzt, auf Glasfüßen ruht, einen Kollektor hat, das Reibzeug mit Amalgam bestrichen ist, und hinter sich eine Hülle von Wachstaffet führt, ist die, welche **Tiberio Cavallo** in seinem *A complete treatise on electricity with original experiments*, London 1777 (ins Deutsche übersetzt 1783) beschreibt.

339. Nach den Röhren-, Kugel- und Cylindermaschinen kamen die jetzt fast allein noch üblichen Scheibenmaschinen in Gebrauch. Ueber den Erfinder der letzteren herrschen verschiedene Angaben. **Sigaud de la Fond**, Arzt in Paris, später Professor der Physik und Chemie in Bourges (geb. 1740 zu Dijon, gest. 1810 zu Bourges) sagt, er habe sich schon 1756 einer Scheibe von Krystallglas zur Elektrizitäts-erregung bedient, aber er sagt dies erst 1781 in seinem *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Paris 1781. Der durch seine optischen und astronomischen Instrumente so berühmte englische Mechaniker **Jesse Ramsden** (1735—1800), der 1766 eine Scheibenmaschine baute, hält sich für den Erfinder derselben. **Ingenhouss** (geb. in Breda 1730, gest. bei London 1799, Arzt und Mitglied der Royal Society) dagegen behauptet, aber freilich auch erst in seinen späteren Schriften, er habe seit 1764 angefangen sich der Scheiben zu bedienen, weil er von der Reibung des Glases auf beiden Seiten sich viel versprochen habe. Erwiesenermaßen hat indeß **Planta** (1727—1772) aus Stüs im Engadin, zuletzt Direktor des Seminars zu Haldenstein, sich bereits 1755 der Scheibenmaschine bedient, früher als die zuvor Genannten, und er dürfte daher mit Recht als erster Erfinder dieses nützlichen Instrumentes betrachtet werden.

Die Scheibenmaschinen wurden bald in sehr großen Dimensionen ausgeführt. Der **Duc de Chaulnes** (1714—1769), Pair von Frankreich und Ehrenmitglied der pariser Akademie, auch bekannt durch werthvolle Arbeiten über optische Gegenstände, besonders astronomische Instrumente, ließ eine Maschine verfertigen, an welcher die Scheibe 5 Fuß Durchmesser hatte und Funken von 22 Zoll Länge gab.

Am berühmtesten ist im vorigen Jahrhundert die Maschine geworden, welche der englische Mechaniker Cuthbertson für das von einem reichen Privatmann, Teyler van der Hulst (1702—1778), in Harlem gestiftete Teyler'sche Museum anfertigte. Van Marum, Vorsteher dieser Stiftung, hat die Maschine 1783 beschrieben und zur Anstellung verschiedener Versuche benutzt, die besonders wegen der Mächtigkeit der erlangten Wirkungen lehrreich sind. Diese Maschine hat auf einer gläsernen Axe von 33 Zoll Länge zwei Scheiben von 65 engl. Zoll Durchmesser in $7\frac{1}{2}$ Zoll Abstand von einander. Sie gab Funken von 24 Zoll Länge, und wirkte schon aus einer Entfernung von 40 Fuß bedeutend auf ein Elektrometer.

Es würde zu weit führen von all den unzähligen Abänderungen zu reden, die speciell mit dieser Maschine wie mit den Elektrisirmaschinen überhaupt vorgenommen wurden, namentlich wo man das Glas durch andere beim Reiben elektrisch werdende Substanzen ersetzte, z. B. durch wollene und seidene Zeuge, Leder, Leinwand, Papier, gedörrtes Holz, Gummilack u. a. m. Auch in Betreff des Amalgams wurden viele Versuche gemacht, um aus verschiedenen Mischungen die wirksamste zu ermitteln; als solche hat sich das Amalgam des Baron von Kienmayer zu Wien bewährt, welcher dasselbe im Journal de physique Août 1788 beschrieb, wonach es aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Th. Zinn und 1 Th. Zink besteht. Van Marum glaubte die Wirksamkeit dieses Amalgams noch dadurch zu erhöhen, daß er $\frac{1}{4}$ vom Gewicht desselben Musivgold hinzusetzte ¹⁾.

Das Angeführte wird genügend zeigen, welche Fortschritte die Kunst der Elektrizitäts-Erregung durch Reiben innerhalb des vorigen Jahrhunderts gemacht hat. Man kann wohl sagen, daß sie seitdem keine sonderlichen Erweiterungen hat, und daß wir in Bezug auf die Frage, wie eigentlich das Reiben Elektrizität erzeuge, noch völlig im Dunkeln tappen.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. VIII, 483, 486.

Verstärkungsflasche.

340. Ums J. 1745, nicht lange nach Erfindung der eigentlichen Elektrisirmaschine und in Folge derselben, wurde zufällig und wie es scheint ziemlich gleichzeitig in Deutschland und in Holland eine Entdeckung gemacht, die das grösste Staunen erregte, und noch jetzt als eine der wichtigsten in der ersten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts bezeichnet werden muß. Es ist die Entdeckung der Verstärkung oder Kondensation der Elektricität mittelst des Processes, den man wohl Bindung der Elektricität genannt hat.

Herr v. Kleist, Dechant des Domkapitels zu Kammin an der Dievenow in Pommern, machte diese wichtige Entdeckung am 11. Oktober 1745. Er hatte, aus welchem Grunde ist unbekannt, einen eisernen Nagel in ein Medicin-glas gesteckt, und näherte diesen, während er das Glas in der Hand hielt, seiner Elektrisirmaschine, einer geriebenen Glaskugel. Als er nun den Nagel mit der anderen Hand anfaßte, bekam er zu seinem Schreck einen starken Schlag, weshalb er glaubte, der menschliche Körper habe etwas mit dieser Erscheinung zu thun. Er fand auch, daß die Wirkung verstärkt werde, wenn man etwas Weingeist oder Quecksilber in das Midicinglas schüttet.

Diese und andere Beobachtungen theilte Herr v. Kleist sogleich mehreren Personen mit, namentlich am 4. November dem Dr. Lieberkühn in Berlin, dem Erfinder des Sonnenmikroskops, der auch alsbald der berliner Akademie Bericht davon erstattete; ferner am 28. November dem Prediger Swietlicki (Schwidlitzky) in Danzig, der unverweilt die dortige naturforschende Gesellschaft damit bekannt machte; bald darauf auch dem Professor der Medicin Joh. Gottlob Krüger zu Halle, der die Entdeckung in seiner *Geschichte der Erde, Halle 1746* in einem Anhang publicirte.

Unterdefs war man in Holland ziemlich zu gleicher Zeit auf dieselbe Entdeckung gerathen, wozu Pieter van Musschenbroek die Veranlassung gab. Derselbe war Pro-

fessor der Mathematik und Physik nacheinander in Duisburg, Utrecht und Leyden; in letzterer Stadt wurde er 1692 geboren und ist dort auch 1761 gestorben. Er war ein Mann, der mehr durch Vorlesungen und klar geschriebene Lehrbücher einen großen Ruf erlangte als durch glänzende Entdeckungen, obwohl er fast über alle Zweige der damaligen Physik arbeitete.

Musschenbroek hatte bemerkt, daß die elektrischen Körper ihre Elektrizität in der freien Atmosphäre gar bald verlieren, und kam daher auf den Gedanken, ob sie ihre Elektrizität nicht besser behalten würden, wenn man sie in eine Hülle aus einem die Elektrizität nicht leitenden Körper einschlosse. Er glaubte daher Wasser am besten elektrisiren zu können, wenn er es in gläserne Flaschen bringe. Er verwirklichte diesen Gedanken, aber der erwartete Erfolg blieb aus; das Wasser nahm in der Flasche nicht mehr Elektrizität auf als in einer flachen Schale.

Ein Dilettant Cunaeus aus Leyden, der bei Musschenbroek's Versuchen zugegen war, wiederholte das Experiment, doch mit der unbewußten Abänderung, daß er die Flasche, aus deren Wasser ein Metalldraht zum Konduktor führte, in der einen Hand hielt. Als er nun nach Trennung der Flasche vom Konduktor den Draht mit der andern Hand anfaßte, bekam er zu seiner großen Verwundrung und Bestürzung einen heftigen Stoß durch die Arme und die Brust.

Musschenbroek wiederholte den Versuch mit gleichem Erfolg, und theilte dies zu Anfang des Jahres 1746 dem berühmten Réaumur in Paris mit, wobei er u. A. schrieb, er sei auf einen erschrecklichen Versuch gerathen, dessen Wirkungen er sich nicht für die Krone Frankreichs zum zweiten Male aussetzen möchte! Durch diesen Brief bekam auch der Abt Nollet in Paris Nachricht von der neuen Entdeckung, und er war es, der die Namen: leydenener Versuch, leydenener Flasche einführte, Namen, die selbst bei uns Bürgerrecht erhalten haben, trotzdem wir alle Ursache gehabt hätten, in dem Namen des Apparats

unsern Landsmann oder unser Vaterland durch die Namen Kleist'sche Flasche, Kamminer Flasche zu verewigen.

341. Die in der That wunderbaren Eigenschaften der elektrischen Flasche erregten, wie man sich leicht denken kann, die höchste Aufmerksamkeit der Physiker, und gaben dadurch dem Studium der Elektrizität eine ganz neue Richtung. Winkler in Leipzig und Gralath in Danzig waren bei uns die ersten, welche den Versuch von Musschenbroek wiederholten und weiter verfolgten. Winkler giebt einen merkwürdigen Bericht von den Wirkungen, welche die Schläge der elektrischen Flasche auf ihn hervorbrachten, wonach er sie wohl etwas stark muß angewandt haben. Er erhielt, so erzählt er, starke Konvulsionen davon, so daß er ein hitziges Fieber befürchtete und er kühlende Arzneien habe brauchen müssen; im Kopfe habe es ihm etliche Tage wie ein Stein gelegen, mehrmals habe er noch nach einigen Tagen Nasenbluten bekommen, wozu er sonst nicht geneigt gewesen sei, und in den Gelenken der Hände und Arme habe er fortdauernd solche Schmerzen empfunden, daß er acht Tage lang nicht habe schreiben können. Seine Gattin, die nur zwei Schläge bekommen, habe kaum gehen können, und eine Woche darauf schon von einem Schläge Nasenbluten gehabt.

Das brachte ihn darauf eine Vorrichtung zu ersinnen, welche gestattete den Funken zu beobachten, ohne sich oder Andere den Wirkungen desselben auszusetzen. Er stellte die Flasche auf einen Zinnteller, legte um sie eine eiserne Kette, welche er zu einem Metallknopf führte, der dem Konduktor der Maschine so nahe stand, daß die Funken zwischen diesem und dem Knopf überspringen und aus weiter Ferne gesehen werden konnten. Da Winkler hierbei wahrgenommen hatte, daß die unmittelbare Berührung der gläsernen Flaschen nicht nöthig sei, sondern dieselbe Wirkung auch erfolge, lediglich durch die Berührung des Metalltellers, auf welchem die Flasche ruht, oder des Wassers, welches man in den Teller bringen kann, so wollte er erfahren, ob der Versuch auch wohl im Großen

von Statten gehen würde. Drei große mit Wasser gefüllte Flaschen, in deren jede ein Messingdraht gesteckt war, wurden am 28. Juli 1746 in die Pleiße gehängt. Die drei Drähte waren zusammengeflochten und metallisch mit dem Konduktor der in einem Zimmer aufgestellten Maschine verbunden. Um die drei Flaschen in der Pleiße war eine eiserne Kette geschlungen, welche nach einer hohlen Kupferkugel geführt war, die nahe unter dem Konduktor sich befand, und die Stelle des oben erwähnten Metallknopfes vertrat. Die Funken schlugen hier nun, als man elektrisirte, so lebhaft über, daß man sie selbst im Sonnenschein in einer Entfernung von 200 Schritten konnte blitzen sehen und ihren Schlag hören ¹⁾.

Die vorstehenden Versuche führten Winkler, wie das ja nahe lag, auf die Konstruktion der elektrischen Batterie sowie auf die Belegung der Flaschen, die freilich nur eine auswendige und noch dazu unvollkommene war. Uebrigens hatte er noch keine Vorstellung davon, worin eigentlich die Ladung der Flasche und die Verstärkung der Elektrizität dabei bestehe; das geht schon aus dem Titel seines Buchs hervor: *Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen, Leipzig 1746*. Man ersieht hieraus, daß er glaubte, die Elektrizität würde in dem Wasser oder der dasselbe vertretenden Flüssigkeit als Essig, Wein, Salzwasser u. s. w. einfach angehäuft.

Gralath nahm statt der Medicingläschen größere Glaskolben, in die er Wasser goß und, statt des Nagels, einen Draht mit einer Bleikugel am oberen Ende steckte. Auf diese Weise leitete er am 20. April 1746 in Gegenwart der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig den Schlag durch 20 Personen, die sich mit den Händen angefaßt hatten. Auch schaltete er zwischen je zwei Personen metallene Drähte und Stangen ein, und der Erfolg war derselbe; aber Personen, welche diese Drähte nur mit einer Hand

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 493, 497.

berührten, also nicht in dem Kreis waren, bekamen keinen Schlag.

Auch **Gralath** erfand die Konstruktion der elektrischen Batterie, gebrauchte aber noch keine Belegung, wodurch er zur Entdeckung des Ladungsrückstandes geführt wurde. Er beobachtete nämlich, daß die Flasche ihre Kraft nicht durch eine einzige Entladung verliert, sondern daß man nacheinander mehrere Funken erhalten kann, die jedoch immer schwächer werden. Läßt man die Flasche einige Zeit stehen, so werden die Schläge sogar wieder stärker, und treten bisweilen noch auf, wenn jene alle Elektrizität schon verloren zu haben scheint. Es ist dies, wie später erkannt, die Wirkung des Ladungsrückstandes, der bei unbelegten Flaschen größer ist als bei belegten.

342. In Frankreich experimentirte der Abt **Nollet** zuerst mit der elektrischen Flasche. Er führte den von **Gralath** gemachten Versuch in größerem Maßstabe aus, indem er die Flasche in Gegenwart des Königs entlud durch eine Reihe von 180 Personen, welche mit den Drähten, mittelst deren je zwei sich anfaßten, einen Kreis von 900 Toisen bildeten. Alle fühlten den Schlag zu gleicher Zeit, auch tödtete **Nollet** kleine Vögel und Fische durch die elektrische Entladung, und erwähnt, daß Glasgefäße dadurch zerbersten und runde Löcher bekommen. Bemerkenswerth ist, daß **Nollet** schon eine richtige Ansicht von dem Nutzen des Wassers in der elektrischen Flasche hatte, und dazu diene, die Elektrizität an die Innenseite des Glases zu bringen, aber dennoch verfiel er nicht auf eine Belegung desselben.

Nächst **Nollet** war es in Frankreich **Le Monnier**, der sich mit der elektrischen Flasche beschäftigte. **Louis Guillaume Le Monnier**, der Jüngere genannt, als jüngerer Bruder des an der lappländischen Gradmessung beteiligten **Charles Le Monnier** (§ 316), war zu Paris 1717 geboren und starb 1799 zu Montreuil. Er war Leibarzt des Königs **Ludwig XVI.**, Generalstabsarzt, Professor der Botanik am

Jardin des plantes und Mitglied der Akademie. Obwohl er nur eine Abhandlung über den betreffenden Gegenstand in den *Mém. de Paris* von 1746 veröffentlichte, so gab er doch einige lehrreiche und wichtige Thatsachen darin an. Er beobachtete,

1) daß die Flasche nicht geladen werden könne, wenn sie auf einem trocknen Glase steht, oder an seidenen Schnüren hängt, also isolirt ist, daß sie aber sogleich Ladung annehme, sobald man sie ausen ableitend berührt;

2) daß wenn man bei einer geladenen Flasche, die isolirt ist, bloß den inneren Draht anfäßt, man keinen Schlag bekommt, daß man den Draht herausnehmen und dann die Flasche gar in die Tasche stecken kann, ohne dafür bestraft zu werden; daß man aber sogleich wieder einen Schlag erhält, wenn man den Draht hineinsteckt und ihn zugleich mit der Außenseite der Flasche berührt;

3) daß, wenn man bei einer geladenen und isolirten Flasche den inneren Draht mit der Hand berührt, die Außenseite der Flasche elektrisch wird und leichte Körper anzieht;

4) daß eine geladene Flasche stundenlang ihre Kraft behält, und weit in der Hand umhergetragen werden kann.

Le Monnier schloß ferner die elektrische Flasche durch einen Eisendraht von 2000 Toisen Länge, der ohne Isolation auf dem Boden über Gras, Hecken und Ackerland ausgebreitet war, und fand, daß der Schlag sich ungeschwächt durch ihn fortpflanzte. Er führte die Entladung auch durch einen Draht, der neben dem Ufer eines Teiches im Tuilleries-Garten längs des halben Umfangs dieses einen Morgen großen Teiches fortging, und führte sie durch das Wasser zurück, indem eine Person das eine Ende des Drahtes mit der einen Hand anfäße und die andere in das Wasser steckte, während er selbst das zweite Ende des Drahtes mit der einen Hand hielt und mit der anderen die geladene Flasche. Brachte er nun den Draht der Flasche an den Knopf eines in das Wasser gesteckten Degens, so bekam die Person in demselben Augenblick einen Schlag.

Le Monnier versuchte auch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Elektrizität durch einen Eisendraht von 950 Toisen Länge zu messen, kam aber zu keinem Resultat, denn er fand, daß die Geschwindigkeit nicht $\frac{1}{4}$ Sekunde betrage. — Alle diese Versuche publicirte er 1746.

343. Durch Le Monnier wurde William Watson in London veranlaßt ähnliche Versuche anzustellen, zum Theil in größerem Maßstabe, die zu ihrer Zeit großes Aufsehn erregten. Er bildete den Schließungsbogen aus mehreren Eisenstangen, zwischen je zwei welchen ein Löffel voll Weingeist eingeschaltet wurde. Wenn er nun die Kette mit diesem Bogen schloß, oder die Flasche abfeuerte, wie man damals sagte, so entzündete sich der Weingeist mit einem Male in allen Löffeln.

Am 14. Juli 1747 führte er die Entladung einer Flasche durch einen Eisendraht längs der Westminster-Brücke in London über die Themse und durch das Wasser des Flusses in solcher Weise wieder zurück, daß zu beiden Seiten des Flusses Weingeist entzündet und Schläge an Personen ausgetheilt wurden. Diesen Versuch wiederholte er am 24. Juli in größerem Maßstab, indem er die Entladung 8000 Fuß durch Wasser und 2800 Fuß durch den Erdboden gehen ließ. Ja am 24. August 1747 führte er die Entladung sogar durch einen Eisendraht von 2 engl. Meilen und durch eine ebenso große Strecke des Erdbodens wieder zurück, also im Ganzen durch einen Schließungsbogen von 4 engl. Meilen.

Er hatte bei diesen Versuchen wie Le Monnier die Absicht, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität zu messen, kam aber nur zu dem Resultat, daß sie viel zu groß sei, um, wenigstens nach seinem Verfahren, gemessen werden zu können; er fand sie fast instantan. Selbst Wheatstone's Versuche im J. 1834 haben im Grunde zu keinem besseren Resultat geführt.

Watson hat außerdem noch eine Menge Versuche angestellt, deren Detail leicht erkennen läßt, welche Schwierigkeiten und verworrene Vorstellungen man zu überwinden

hatte, um das Wesentliche in den Vorgängen bei der elektrischen Flasche richtig zu erkennen. Ich will nur einiges daraus hervorheben, was für die Geschichte der Elektrizität von Wichtigkeit ist.

So glaubte Watson anfangs, daß die Wirkung der Flasche von der Menge des darin enthaltenen Wassers oder leitenden Körpers abhängt. Als er indeß ein gleiches Volumen Quecksilber hineinthat und die Wirkung nicht dadurch verstärkt wurde, sah er seinen Irrthum. Er fand ferner, daß der Schlag sich gleich bleibe, an welcher Stelle der Außenfläche man auch die Flasche berühren möge, daß er aber an Stärke zunehme, wenn das berührte Stück größer wird.

Als Watson diesen Versuch dem Dr. Bevis zeigte, kam letzterer auf den Einfall die elektrische Flasche ganz mit Wasser zu füllen, und auswendig bis auf den Hals mit Zinn- oder Bleifolie zu bekleiden. Nunmehr gab die Flasche einen viel stärkeren Schlag als zuvor, und man hatte nicht nöthig sie mit der Hand anzufassen, sondern brauchte sie nur mit einem in der Hand gehaltenen Draht zu berühren, wenn man den inneren Draht mit der anderen Hand angefaßt hatte. Das war ein wichtiger Schritt zur Vervollkommnung der leydenerschen Flasche, aber doch nur ein halber, denn damals sah weder Watson noch Bevis, daß es auf die Größe der inneren Berührungsfläche ankomme.

Bald darauf kam indeß Dr. Bevis auf den Gedanken, eine Glasscheibe (Fensterscheibe) auf beiden Seiten bis auf 1 Zoll vom Rande ab mit Zinnfolie zu überziehen, und in ähnlicher Weise wie die leydenersche Flasche zu elektrisiren. Von dieser Scheibe bekam Bevis einen Schlag so stark, wie früher von einer Flasche, die ein Nössel oder $\frac{1}{2}$ Pint Wasser enthielt. Dadurch ward nun Watson veranlaßt, irdene Krüge innen und außen mit Silberfolie bis auf 1 Zoll vom Rande zu bekleiden, und somit die leydenersche Flasche zuerst in vollkommener Gestalt darzustellen. Er belegte denn bald größere Flaschen von beträchtlichen Dimensionen, von 22 Zoll Höhe, 41 Zoll Umfang und

1129 Quadratzoll belegter Fläche, und verband mehrere der Art in der Weise unserer jetzigen Batterien. Solcher belegten Flaschen bediente sich **Watson** auch zu den erwähnten Versuchen über die Geschwindigkeit der Electricität.

Endlich entdeckte **Watson**, daß die leydeners Flasche, während sie geladen wird, an der Außenseite Funken giebt, allein die Bedeutung dieser Thatsache erkannte er nicht, wie er überhaupt eine richtige Vorstellung von dem Proceß des Ladens und Entladens der Flasche nicht hatte. Nur das sah er ein, daß die Stärke der Entladung von der GröÙe der leitenden Flächen zu beiden Seiten des Glases abhängt.

William Watson war Apotheker und Arzt in London; er lebte von 1715 bis 1787, und ist in London geboren und gestorben. Er war ein eifriges Mitglied der Roy. Society, und hat, ohne grade ein Physiker ersten Ranges zu sein, die Philos. Transactions mit einer bedeutenden Anzahl werthvoller Aufsätze über sehr verschiedene Gegenstände bereichert.

Wer der Dr. **Bevis** war, dem man die Erfindung der belegten Flaschen eigentlich verdankt, läßt sich nicht mit Gewißheit sagen, vermuthlich war es aber der Arzt Dr. **John Bevis**, geb. 1695 bei Old Sarum, Wiltshire, gest. 1771 zu London, wo er lebte und Mitglied der Roy. Soc. war. Er beschäftigte sich mit Optik und Astronomie, machte eine große Anzahl astronomischer Beobachtungen, gab **Halley's** astronomische Tafeln heraus, schrieb verschiedene werthvolle astronomische Werke, und erlangte durch dies alles einen solchen Ruf, daß man ihn nach dem Tode von **Bliss** 1765 zum königl. Astronomen in Greenwich machen wollte, wobei ihm aber doch **Maskelyne** vorgezogen wurde. Er verfertigte auch ein Glas mit Borax in seiner Mischung und bestimmte dessen Refraktion, die er größer fand, als die vom englischen Krystallglas.

Neben **Watson** beschäftigte sich in England noch ein anderer Mann, der auch später in der Geschichte der

Elektricität eine Rolle spielt, schon sehr früh mit der leydenen Flasche, nämlich Benjamin Wilson. Bereits unter dem 6. Oktober 1746 schrieb er aus Dublin an den berühmten Smeaton, daß er das wahre Gesetz der Anhäufung der Elektricität in der Flasche aufgefunden habe, nämlich daß die Elektricität proportional gehe direkt der Oberfläche des leitenden (unelektrischen) Körpers und umgekehrt der Dicke des Glases.

Man muß sich einigermaßen wundern, wie er dies gefunden, da er damals als leitenden Körper nur Wasser gebrauchte und dieses auch außerhalb, indem er die Flasche (Phiole) in Wasser tauchte. Erst später wandte er Metallbelege an, und kam dabei auf die Beobachtung, daß der Ladungsrückstand dann kleiner sei als bei unbelegten Flächen.¹⁾

Wilson scheint Maler gewesen zu sein, und war auch Mitglied der königl. Gesellschaft. Er erfand das elektrische Windrad, und später werden wir ihn auch in die Verhandlungen über die Blitzableiter verflochten sehen.

344. Ungeachtet die bisher angeführten Untersuchungen mancherlei recht schätzbare Beiträge zur Kenntniß der Phänomene der elektrischen Flasche geliefert hatten, so blieb doch noch das Beste zu thun übrig. Keiner hatte den Zustand der Flasche während der Ladung und Entladung einigermaßen genügend zu erklären vermocht, von einer Theorie konnte also noch gar nicht die Rede sein. Unerwarteter Weise sollte diese Dunkelheit aber bald zerstreut werden durch ein Licht, das von einer Seite aufging, von wo man bisher noch nicht gewohnt war die Naturwissenschaften, namentlich die Physik, erweitert zu sehen, von der neuen Welt aus, von Amerika.

Benjamin Franklin, damals noch Buchdrucker, Papierhändler und publicistischer Schriftsteller in Philadelphia, ein Autodidakt von scharfem Blick und klarem Verstand war es, der dieses Licht anzündete. Angeregt durch das

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 506, 509.

Lesen der Schriften seiner Landsleute in Europa, die damals noch nicht politisch von ihm getrennt waren, warf er sich auf das Studium der elektrischen Erscheinungen, und gelangte bald zu Thatsachen und Ansichten, die er von 1747 an bis 1754 in einer Reihe von Briefen an Peter Collinson in London, Mitglied der Royal Society, bekannt machte.

Sowohl das Neue des Inhalts, so wie die Klarheit und Falschheit der Darstellung, haben diesen Briefen eine große Berühmtheit gegeben, sie wurden in fast alle europäischen Sprachen übersetzt, und trugen wesentlich dazu bei, das Studium der Elektrizität zu verbreiten und zu beleben.

Eine der Hauptentdeckungen Franklin's ist die, daß die beiden Seiten der geladenen Flaschen entgegengesetzte Elektricitäten enthalten. Er beschreibt sie in seinem dritten Brief datirt Philadelphia den 28. Juli 1747. Danach beobachtete er, daß wenn eine an einem seidenen Faden hängende Korkkugel von dem äußeren Ueberzug einer geladenen Flasche angezogen ward, sie von einem mit der Innenseite kommunizirenden Draht abgestoßen wurde und umgekehrt, wenn sie von der Außenseite zurückgestoßen wurde, der innere Ueberzug sie anzog. Wurden die von der Außen- und Innenseite kommenden und mit einem Metallknopf endigenden Drähte bis auf wenige Zoll genähert, und die Korkkugel dazwischen gebracht, so wurde letztere abwechselnd von jenen angezogen, bis die Flasche entladen war.

Damit war denn auch eine Theorie der Ladung gegeben, aber eine andere, als wir jetzt allgemein annehmen. Schon Watson und Wilson hatten bemerkt, daß wenn die Glaskugel oder der Glaszylinder der Elektrisirmaschine einigermassen Elektricität geben solle, es nöthig sei das Reibzeug durch einen leitenden Körper, einen Metalldraht, mit dem Boden in Berührung zu bringen, gleichwie es nach Le Monnier's Entdeckung zum Laden einer leydener Flasche erforderlich ist, daß sie außen ableitend berührt

werde. **Watson** bildete sich ein, der Draht am Reibzeug übe die Funktion aus, daß er die Elektrizität aus dem Boden oder der Umgebung in die Kugel hineinführe und dieselbe sich darin anhäufe. **Franklin's** Ansicht war die umgekehrte; nach ihm wird durch den Draht nicht Elektrizität zugeführt, sondern fortgeführt.

Franklin nimmt eine einzige elektrische Materie an, und von dieser Materie enthalten die Körper je nach ihrer Natur eine gewisse Menge. Bei dem Proceß der Elektrisirung, wozu ja mindestens immer zwei Körper erforderlich sind, geschieht nach **Franklin** nichts weiter als eine andere Vertheilung der Elektrizität. Sie geht von dem einen Körper in den anderen, der eine bekommt einen Ueberschuß, der andere einen Mangel an Elektrizität, den ersten nennt er positiv elektrisirt, den anderen negativ. Er spricht auch von der positiven Elektrizität des einen Körpers und der negativen des andern, ohne damit einen anderen Begriff zu verbinden, als den des Ueberschusses und Mangels an Elektrizität in Bezug auf die natürliche Menge.

Zu den Versuchen, welche **Franklin** auf diese Ansicht führten, gehören besonders die folgenden: Es ist einem Menschen nicht möglich sich selbst zu elektrisiren, wenn er auf Glas oder Wachs steht, also isolirt ist. Die Glasröhre, welche er reibt, vermag ihm in diesem Fall nicht mehr Elektrizität mitzutheilen, als sie beim Reiben von ihm empfängt. Stehen zwei Personen auf Wachs und die eine reibt, während die andere Funken aus dem geriebenen Glase zieht, so werden beide elektrisch, und wenn sie sich jetzt berühren, so kommt ein stärkerer Funke zwischen ihnen zum Vorschein, als wenn ein dritter eine von ihnen berührt, ihr elektrischer Zustand aber besteht nicht mehr. Nach **Franklin** hat hierbei die reibende Person Elektrizität abgegeben und ist negativ elektrisch geworden; die andere hat einen Zuschuß bekommen, ist also positiv elektrisch, und nach ihrer gegenseitigen Berührung ist alles wieder ausgeglichen, und in den ursprünglichen Zustand zurückgekehrt.

Diese Beobachtungen wandte Franklin auf die elektrische Flasche an. Wenn diese geladen wird, und die innere Seite ist positiv, so wird die äußere negativ; es hat dann die eine grade so viel Elektrizität gewonnen wie die andere abgegeben. Es ist in der geladenen Flasche nicht mehr elektrische Materie als vor der Ladung darin war, und da das Glas keine Elektrizität durchläßt, so kann das Gleichgewicht nur durch Leiter wieder hergestellt werden, welche die Innen- und Außenseite miteinander verbinden.

Diese Erklärung der Phänomene der leydeners Flasche bildet die Glanzseite der Franklin'schen Theorie, die dadurch überwiegenden Beifall bei den Physikern errang, und siegreich gegen die Angriffe des Abbé Nollet sich behauptete, sowie andere Mängel übersehen ließ. Um die Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen zu erklären, läßt Franklin die Theilchen der elektrischen Materie einander abstossen und von den Körpern angezogen werden, woraus sich leicht die Repulsion positiv elektrischer Körper und die Anziehung ungleichnamig elektrischer ergibt. Dagegen erfordert die Abstossung der negativen Körper eine neue Annahme, nämlich die, daß die von Elektrizität entblößten Körpertheilchen sich abstossen!

In Verfolgung seiner Beschäftigung mit der leydeners Flasche wurde Franklin zu der Erfindung derjenigen Kombination geführt, welche man später nach ihm die Franklin'sche Batterie, auch Kaskaden - Batterie, Flaschensäule genannt hat; er selbst nennt sie elektrische Batterie und beschreibt sie in seinem 4. Briefe, Philadelphia 28. März 1748. Bei ihr ist die Außenbelegung einer jeden Flasche mit der Innenbelegung der folgenden verbunden, während bei der gewöhnlichen Einrichtung sämtliche Außenbelegungen unter sich verbunden sind, und ebenso die Innenbelegungen.

Blitzableiter.

345. Diese und andere Arbeiten verschafften **Franklin** unter den damaligen Physikern großes Ansehen, am meisten aber wirkte zur Verbreitung seines Ruhmes unter den Zeitgenossen, und zur Verewigung seines Namens bei der Nachwelt, seine Erfindung der Blitzableiter, hervorgegangen aus der Ansicht, daß der Blitz nichts anderes sei als ein elektrischer Funke in großem Mafsstabe.

Man kann gerade nicht sagen, daß diese Ansicht zu **Franklin's** Zeiten ganz neu gewesen sei. Schon **Wall** that 1708 eine dahin gehende Aeufserung und späterhin auch **Desaguliers**, ebenso sprach sich **Nollet** im J. 1743 in seinen *Leçons de physique expérimentale* Vol. V, p. 34 aus; ja unser Landsmann **Winkler** widmet in seiner Schrift *Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen*, Leipzig 1746 ein eigenes Kapitel der Frage, ob Schlag und Funken der verstärkten Elektricität für eine Art des Donners und Blitzes zu halten seien? Er vergleicht die Erscheinungen und Wirkungen beider, und kommt dabei zu dem Resultat, daß der einzige Unterschied zwischen beiden in den Grad der Stärke zu setzen sei. Kein Physiker vor **Franklin** hat diese Ansicht so ausführlich und so überzeugend vorgetragen als **Johann Heinrich Winkler**, dennoch blieb sie völlig unbeachtet! Vielleicht kann man meinen darum, weil sie nicht von einem experimentellen Beweis unterstützt wurde. Allerdings war sie das nicht, aber auch bei **Franklin** war sie anfänglich bloß eine Hypothese, gemischt noch dazu mit einer anderen gar wunderlichen über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität, die er selbst später wieder fallen ließ.

Das einzige und allerdings wichtige Moment, welches **Franklin** vor **Winkler** voraus hat, ist, daß er ein Experiment vorschlug um seine Hypothese zu prüfen. Dieser Vorschlag findet sich in der Beilage zu seinem 5. Briefe, der vom J. 1750 datirt. Schon im J. 1747 hatte er die außerordentliche Kraft der Spitzen bei elektrischen La-

dungen und Entladungen beobachtet, und er schreibt die Entdeckung seinem Freunde **Thomas Hopkinson** zu, wobei jedoch bemerkt sein mag, daß schon vorher **Jallabert** und **Nollet** Wahrnehmungen über die Wirkungen der Spitzen gemacht hatten, ohne indeß dieselben genauer zu untersuchen¹⁾. **Franklin** machte nun den Vorschlag ein Schilderhaus auf einen hohen Thurm zu stellen, und von einem Isolirschmel in der Mitte desselben eine 90 Fuß lange oben zugespitzte Eisenstange durch die Thür in die Höhe zu führen.

Franklin liefs es anfangs bei dem bloßen Vorschlag bewenden, ja er sorgte nicht einmal dafür, daß er von Anderen ausgeführt wurde. Wenn daher die heutigen Amerikaner uns manchmal mit übertriebenem Selbstgefühl vorhalten, was Alles Europa ihnen verdanke, so kann man ihnen erwidern, daß wenigstens in diesem Fall die alte Welt der neuen zuvorgekommen ist, und einen wesentlichen Antheil an dem Verdienst der neuen hat. Zwei Anhänger von **Franklin** die Franzosen **Dalibard** und **Delor** waren es, die unaufgefordert aus reinem Eifer für die Sache seinen Vorschlag zuerst zur Ausführung brachten.

Dalibard hatte zu **Marly-la-ville**, sechs Stunden von Paris, eine 40 Fuß hohe Eisenstange mit seidenen Schnüren an Pfähle befestigt, die ebenso wie das untere Ende der Stange nicht vom Regen getroffen werden konnten. Während seiner Abwesenheit hatte er einen von ihm für den Versuch unterrichteten Wächter Namens **Coiffier** angestellt, und dieser war es, der am 10. Mai 1752 Nachmittags, als ein heftiges Gewitter vorüberzog, mittelst eines Drahtes die ersten Funken der vom Himmel herabgebrachten Elektrizität aus der Eisenstange herauszog. Die Funken waren $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, rochen nach Schwefel und fuhren unter Knistern aus der Stange.

Acht Tage darauf machte **Delor** in seinem Hause zu Paris denselben Versuch mit einer 99 Fuß hohen Eisen-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 577.

Poggendorff, Gesch. d. Physik.

stange in Gegenwart des Königs und zu einer Zeit, wo zwar Gewitterwolken am Himmel standen, es aber weder blitzte noch donnerte.

Erst im Juni desselben Jahres, aber allerdings nicht aus Anlaß der eben angeführten Versuche, von denen er noch keine Nachricht hatte, legte Franklin selber Hand an die Bestätigung seiner Hypothese, und zwar in anderer Weise als er anfänglich vorgeschlagen hatte, nämlich mittelst des sogenannten elektrischen Drachens. Dieser bestand aus einem großen seidenen Taschentuch, ausgebreitet über ein Kreuz aus Holzstäben mit eiserner Spitze, und hatte eine Hanfschnur, woran unten ein Schlüssel befestigt war, den eine seidene Schnur von der haltenden Hand isolirte.

Als er diesen Drachen in Gesellschaft seines Sohnes (um sich dem Gespötte zu entziehen) während des Vorüberganges von Gewitterwolken aufsteigen ließ, hatte er die Freude Funken aus dem Schlüssel ziehen zu können. Im September 1752 führte er dann seinen anfänglichen Vorschlag aus; er errichtete auf seinem Hause eine isolirte Eisenstange, und versah sie am unteren Ende mit einem Paar Glocken, um durch das Läuten derselben nach Art des elektrischen Glockenspiels benachrichtigt zu werden, daß die Stange elektrisch geworden sei. Am 12. April 1753 lud er an dieser Stange eine leydeners Flasche, oder zapfte den Blitz auf Bouteillen, womit denn die Aehnlichkeit desselben mit dem künstlichen elektrischen Funken erwiesen, also die Hypothese Franklin's bewahrheitet wurde.

Aus diesen Erfahrungen zog Franklin nun den Schluß, daß man die schädlichen Wirkungen eines Blitzschlages von den Gebäuden würde ableiten können, wenn man auf oder neben ihnen Eisenstangen errichtete, und diese mit dem Erdboden in Verbindung setzte. Im September 1753, im 13. Brief, setzte er näher auseinander, weshalb solche Stangen Schutz gegen die Wirkungen des Blitzes gewähren. Der Blitz, sagt er, explodirt nur dann, wenn die leitenden Körper die elektrische Materie schneller empfangen,

als sie dieselbe wieder abgeben können, d. h. wenn sie getheilt oder getrennt, wenn sie zu kleine oder zu schlechte Leiter sind. Daher, setzte er hinzu, werden ununterbrochene Metallstangen von hinreichender Dicke entweder die Explosion ganz verhüten, oder wenn sie zwischen der Spitze und den Wolken entstanden wäre, sie wenigstens fortleiten soweit die Stange reicht.

Die Nützlichkeit der Blitzableiter war den praktischen Amerikanern sogleich einleuchtend, und sie säumten nicht die Vorschläge ihres berühmten Landsmannes alsbald zur Ausführung zu bringen; aber auch in Europa verbreitete sich das nützliche Werkzeug sehr rasch.

In Deutschland hatte schon unabhängig von Franklin in demselben Jahr unser Winkler in einer kleinen Schrift *Programma de avertendi fulminis artificio*, Lips. 1753 die Anlegung der Blitzableiter empfohlen und Vorschriften dazu gegeben, und muthmaßlich in Folge dessen wurde schon ein Jahr darauf 1754 der erste Blitzableiter bei uns wirklich ausgeführt. Diesen ersten Blitzableiter in Deutschland und zugleich in Europa errichtete Procopius Divisch, Prämonstratenser Chorherr und Pfarrer zu Prenditz bei Znaym in Mähren, an seinem Wohnort. Dieser aufgeklärte Geistliche, der darüber eine Abhandlung in den Schriften der böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften schrieb, und sich auch später noch mit der atmosphärischen Elektrizität beschäftigte, starb 1765. In England wurde erst 1762 durch Watson ein Blitzableiter zu Payneshill errichtet, und diesem folgten dann bald mehrere an andern Orten und in anderen Ländern; in Hamburg 1769 auf dem Jakobikirchthurm durch den verdienten Reimar. Nach Italien kamen sie später.

346. Gegen Ende seiner Laufbahn als Physiker sahe Franklin, obgleich man im Allgemeinen seine wohlthätige Erfindung überall mit dem größten Beifall aufnahm, einen Streit entstehen und sich selbst mit hineingezogen, der viele Jahre anhielt, ohne daß er, wie so viele gelehrte Diskussionen, eigentlich zum definitiven Abschluß gekommen

wäre. Er entspann sich über die Frage was besser sei, zugespitzte oder abgerundete Blitzableiter, offensive oder defensive. Franklin hatte sich, gestützt auf die Versuche im Kleinen, welche die starke Entladungskraft der Spitzen dargethan hatten, für die zugespitzten Ableiter erklärt. Seiner Meinung nach sollten die Ableiter nicht bloß einen zufällig auf Gebäude herabfallenden Blitzstrahl unschädlich zur Erde leiten, sondern auch eine darüber schwebende Wolke gleichsam entwaffnen, ihre Elektricität einsaugen und den gewaltsamen Ausbruch derselben verhüten.

Nun fügte es sich, daß der Blitz zu Brescia ein Pulvermagazin in die Luft gesprengt hatte, und dies veranlaßte den Generalstab der englischen Artillerie sich mit der Frage an die königl. Gesellschaft zu wenden, wie man solche Gebäude wohl am besten durch Blitzableiter schützen könne. Die königl. Gesellschaft erwählte deshalb 1772 einen Ausschuß bestehend aus Cavendish, Watson, Franklin, Robertson und Wilson. Die vier ersten erklärten sich für spitze Ableiter, Wilson dagegen für stumpfe. Er schrieb darüber 1773 eine lange Abhandlung *Observations on lightning*¹⁾, worin er u. A. als Grund gegen die spitzen Ableiter anführt, daß sie den Blitz herbeilockten und man eine so gefährliche Materie nicht zum Besuche einladen müsse.

Der Streit bekam eine neue Nahrung, als der Blitz am 15. Mai 1777 in das mit einem spitzen Ableiter versehene Schiffsmagazin zu Purfleet einschlug, und einigen Schaden anrichtete. Wilson trat nun abermals als Gegner der spitzen Ableiter auf und stellte zugleich eine Reihe prächtiger Versuche an, um die Vorzüge der stumpfen zu erweisen. Bei dieser Gelegenheit kamen die Donnerhäuschen auf, die später von Cavallo verbessert wurden. Wilson's Einwürfe wurden bald darauf in einer Untersuchung von Edward Nairne, Mechaniker in London und

¹⁾ Philos. Transact. for 1773 u. Phil. Tr. abridged XIII, 374.

Mitglied der Roy. Society ¹⁾, widerlegt und damit ist denn der Streit eingeschlafen.

Nairne's Untersuchung ist noch insofern interessant, als sie ihn auf die elektrischen Pausen führte, welche zuerst 1776 Joh. Friedr. Grotz (1732—1795), Prof. der Physik und Mathematik an der Karlsruhschule zu Stuttgart, beschrieb. Derselbe gab Versuche an, bei denen er aus einer elektrischen Kugel von 1 Zoll Durchmesser Funken erhielt bis zu 2" Entfernung, von 2 bis 10" keine, und hierauf wieder Funken bei einem Abstand von 10 bis 16 Zoll.

Franklin überlebte den Triumph seiner nützlichen Erfindung noch lange, obwohl er seit der Mitte des sechsten Decenniums im XVIII. Jahrhundert immer mehr vom Physiker zum Staatsmann überging und von 1775 an, wo er mit Gefahr seiner persönlichen Freiheit aus London nach Philadelphia zurückkehrte, den lebhaftesten Antheil an dem Kampfe seines Vaterlandes gegen England nahm. Am 20. Januar 1783 unterzeichnete er zu Versailles die Präliminarien des Friedens mit, wodurch die Unabhängigkeit der Vereinigten Staaten anerkannt wurde. Alsdann zum Präsidenten der Versammlung von Pennsylvanien ernannt, lebte er noch bis zum 17. April 1790 in unausgesetzter Thätigkeit für das Wohl seiner Mitbürger. Er war geboren zu Boston den 17. Januar 1706. Seine Verdienste hat d'Alembert ebenso wahr als schön durch den Hexameter besungen:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis.

Muthig entriß er dem Himmel den Blitz, den Tyrannen das Scepter.

Sein Gegner auf theoretischem Felde, der Abbé Jean Antoine Nollet, starb lange vor ihm 1770 als Prof. der Physik am Collège de Navarre, an der Artillerie und Ingenieurschule zu Paris, und Mitglied der Akademie, ge-

¹⁾ Philos. Transact. for 1778 u. Phil. Tr. abridged XIV, 427.

boren 1700 zu Pimpré, Diöcese Noyon. Wenn er auch in Originalität seiner Untersuchungen nicht mit Franklin verglichen werden kann, so muß man doch zugeben, daß er im Detail manche werthvolle Beobachtung gemacht hat, und durch die große Anzahl seiner Arbeiten über Elektrizität und andere Gebiete der Physik sehr viel zur Belebung des physikalischen Studiums beigetragen hat. Er ist auch, beiläufig bemerkt, der erste Entdecker der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten oder der Endosmose, welche er in den *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris* 1748 beschrieben hat.

Atmosphärische Elektrizität.

347. Durch Franklin's Entdeckungen wurde den Physikern ein neues Feld zur Untersuchung, das Gebiet der atmosphärischen Elektrizität eröffnet, wie man auch sagen kann, daß durch sie zugleich der einzigen bis dahin bekannten Elektrizitätsquelle, dem Reiben der Körper, eine neue die Atmosphäre hinzugefügt ward. Schon Franklin selbst beobachtete im April 1753 an seiner isolirten Eisenstange, daß Gewitterwolken meistens negativ elektrisch seien, daß aber auch positiv elektrische vorkommen, und daß sich selbst außer den Zeiten von Gewittern mehr oder weniger starke Anzeigen von Elektrizität in der Atmosphäre nachweisen lassen.

Der Eifer, den er unter den Physikern Europas angezündet hatte, bewirkte indeß, daß von diesen zum Theil schon vor ihm ähnliche Beobachtungen gemacht wurden. De Romas, Assessor beim Landgericht zu Nerac im südlichen Frankreich, lediglich ein Liebhaber der Wissenschaft, war, ohne von Franklin's Versuchen Kunde zu haben, auch auf die Idee des elektrischen Drachens gerathen, und er hat den Ruhm dies Instrument in riesenhaftester GröÙe dargestellt zu haben.

Sein Drache war von Papier, $7\frac{1}{2}$ Fuß hoch, 3 Fuß breit und hatte 18 Quadratfuß Oberfläche; die Schnur war mit einem Eisendraht durchflochten und endigte unten mit

trockener Seide, um die Versuche ohne Gefahr anstellen zu können. Er liefs den Drachen am 7. Juni 1753 an einer 780 Fuß langen Schnur 550 Fuß hoch steigen. Die Wirkungen waren wirklich schreckenerregend, obgleich weder Blitz noch Donner in den Wolken wahrgenommen wurden. Das Knistern der aus der Schnur gezogenen Funken war auf 200 Schritte hin hörbar, und schon in einer Entfernung von 3 Fuß hatte er das Gefühl als ob Spinnweben auf seinem Gesichte sei. Eine Blechröhre, die an der Schnur hing, richtete aus einer Höhe von 3 Fuß über dem Erdboden auf diesem liegende Strohhalme empor, welche wie beim elektrischen Puppentanz um die Röhre sich bewegten. Als der längste Strohalm plötzlich von der Röhre angezogen wurde, erfolgten drei Explosionen einem Donnerknall ähnlich und eine Feuermasse erschien, die auf 8 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke geschätzt wurde. Auch der bei elektrischen Entladungen so oft empfundene charakteristische Geruch, gewöhnlich als Schwefelgeruch bezeichnet, fehlte nicht. Später im August 1757 erhielt de Romas bei ähnlichen Versuchen sogar 10 Fuß lange Funken, zu denen er sich zweckentsprechender Auslader bediente.

Nicht so vorsichtig war der Professor Richmann in Petersburg. Dieser hatte die isolirte Eisenstange, die er auf seinem Hause errichtet, ohne alle Ableitung aufgestellt. Als er am 6. August 1753 um die Mittagszeit bei einem heraufsteigenden Gewitter den elektrischen Zustand der Stange untersuchen wollte, und er sich ihr bis auf 1 Fuß genähert hatte, fuhr ihm aus derselben ein faustgroßer Feuerball gegen den Kopf und warf ihn augenblicklich todt zu Boden¹⁾.

Richmann's Schicksal erregte, wie man sich leicht denken kann, große Sensation; allein, wenn auch das Studium der atmosphärischen Elektrizität dadurch eine Unterbrechung erlitt, so wurde es doch bald wieder aufge-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 615, 620.

nommen, und in vorsichtigerer Weise betrieben. Ja schon vor Richmann's Ende hatte man in Frankreich den zur Erkenntniß des elektrischen Zustandes der Atmosphäre richtigen Weg eingeschlagen, die Versuche bei heiterem Himmel außer der Zeit von Gewittern vorzunehmen.

In dieser Weise stellte Le Monnier schon 1752, also vor Franklin, Versuche zu St. Germain-en-Laye an, und that durch dieselben dar, daß die Luft auch bei Abwesenheit von Gewittern elektrisch sei, daher man nicht mit Unrecht Le Monnier als Entdecker der Luft-Elektricität betrachtet. Ihm folgten:

Giacomo Battista Beccaria, geb. 1716 zu Mondovi, gest. 1781 zu Turin als Professor der Physik daselbst. Er handelt über den Gegenstand in den von ihm verfaßten Schriften: *Dell' elettricismo naturale ed artificiale*, Torino 1753 und *Dell' elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno*, *ibid.* 1775.

Tiberio Cavallo, geb. 1749 zu Neapel, gest. 1809 zu London, Mitglied der Royal Society, beobachtete zu Islington bei London, und sammelte aus einer großen Reihe von Versuchen, theils mit elektrischen Drachen theils mit eigens dazu konstruirten Luft-Elektrometern, den größten Theil der Data, die wir jetzt über die Elektricität der Atmosphäre besitzen, ohne daß wir eigentlich bis heute genau angeben können, woher dieselbe ihren Ursprung nimmt.

Anwendung in der Medicin.

348. Aehnlich wie das tragische Ende Richmann's der Beschäftigung mit der atmosphärischen Elektricität eine Zeitlang Abbruch that, ward auch der medicinischen Anwendung der Elektricität für einige Jahre ein bedeutender Stoß versetzt durch den am 1. December 1750 bei Versuchen mit der leydener Flasche erfolgten Tod von Joh. Gabriel Doppelmaier, Professor der Mathematik am Aegidien-Gymnasium zu Nürnberg, der jedoch nicht, wie sich bald ergab, von der Elektricität getödtet, sondern vom Schlage getroffen worden war.

Was die medicinische Anwendung der Elektricität betrifft, deren ich hier eben gedacht habe, so datirt diese von Christian Gottlieb Kratzenstein (geb. 1723 zu Wernigerode), damals praktischer Arzt in Halle, später Professor der Physik in Petersburg und seit 1753 in Kopenhagen, wo er 1795 starb. Im J. 1745 veröffentlichte er eine kleine Schrift: *Abhandlung vom Nutzen der Elektricität in der Arzneiwissenschaft, Halle 1745*; er wollte beschleunigten Puls und vermehrte Transpiration durch Elektricität bewirkt haben. Ihm folgten in Deutschland Joh. Baptist Behadsch (1724—1768), Arzt und Professor der Naturgeschichte zu Prag, wo er geboren und gestorben ist; er schrieb *Dissert. de utilitate electricationis in curandis morbis, Pragae 1751*; ferner in der Schweiz Jallabert zu Genf, und in Frankreich Nollet, Sauvages und Andere.

Besonders von 1755 an werden die elektrischen Kuren häufiger, zumal bei Lähmungen, auch der große Linné fing um diese Zeit an sich mit dem Gegenstand zu beschäftigen, und es wurden seitdem so viele Schriften darüber herausgegeben, daß ich es schon darum für gerathen halte die Geschichte dieser mehr der Medicin als der Physik anheimfallenden Bemühungen nicht weiter zu verfolgen. Wie viele Selbsttäuschungen oder absichtliche Betrügereien hier in der ersten Zeit mit unterliefen, davon nur zwei Beispiele. Pivati, ein Jurist zu Venedig, glaubte 1747 eine Methode entdeckt zu haben die Medikamente auf Kranke wirken zu lassen, ohne ihnen dieselben materiell beizubringen; es genüge im Wesentlichen den Patienten an den die Arznei enthaltenden und elektrisirten Behälter zu bringen. Selbst unser ehrlicher Winkler verfiel in einen ähnlichen Irrthum und meinte, die Gerüche von Substanzen pflanzten sich durch elektrisirte Glasgefäße fort.

Elektroskop.

349. Indem nun so die Elektriker nach zwei Seiten hin, in der Atmosphäre und Medicin, ein neues Feld ihrer Thätigkeit gefunden hatten, wurden die Arbeiten, welche

auf eine Theorie der elektrischen Erscheinungen überhaupt abzielten, keineswegs vernachlässigt, im Gegentheil bald so gehäuft, daß es für den Historiker eine bedeutende Schwierigkeit hat, aus der großen Masse von Thatsachen die wichtigen von den unwichtigen zu sondern, und sie zugleich so zu verknüpfen, daß daraus ein übersichtliches Bild von den Fortschritten der Wissenschaft hervorgeht.

Zu den Männern, welche in der Franklin'schen Periode sich besonders um die Elektrizitätslehre verdient gemacht und durch ihre Arbeiten wirklich diesen Zweig der Physik gefördert haben, gehört **John Canton**, der Sohn eines Tuchwebers, geb. 1718 zu Stroud, Gloucestershire, und gestorben 1772 zu London. Er bekleidete den größten Theil seines Lebens die bescheidene Stelle eines Schulpfarrers, wobei er aber doch Muße und Mittel fand Untersuchungen zu liefern, die ihm bald einen sehr ehrenvollen Platz unter den Mitgliedern der königl. Gesellschaft erwarben. Ihm verdanken wir z. B. eine Methode künstliche Magnete zu machen oder Stahl zu magnetisiren allein mit Hülfe des Erdmagnetismus, wofür er Mitglied der Royal Society ward ¹⁾. Ferner die ersten Versuche über die Kompressibilität des Wassers und anderer Flüssigkeiten, wodurch die Kompression wirklich bewiesen ward ²⁾. Dann die Entdeckung eines neuen Leuchtsteins oder Phosphors, des nach ihm benannten Canton'schen Phosphors, bestehend aus Schwefelcalcium, dargestellt aus Austerschalen und Schwefel ³⁾.

Was seine Arbeiten im Gebiet der Elektrizität betrifft, so muß zunächst erwähnt werden, daß er in England der erste war, der **Franklin's** Hypothese vom Blitz bestätigte, indem er 1752 während eines Gewitters Funken aus einer isolirten Eisenstange zog. Bei fortgesetzter Beobachtung fand er, daß sich einige Wolken in einem po-

¹⁾ Philos. Transact. 1751; desgl. abridged X, 131.

²⁾ Ibid. 1761, 1762; XI, 665; XII, 151. •

³⁾ Ibid. 1768; XII, 579.

sitiven, andere in einem negativen elektrischen Zustand befanden, und daß deswegen die Elektrizität seines Ableiters in weniger als einer halben Stunde fünf- bis sechsmal aus dem einen Zustand in den andern überging. Auch bemerkte er im J. 1754, daß die Wolken häufiger und länger negativ waren als positiv, die positive Kraft aber gemeiniglich als die stärkere sich zeigte¹⁾.

Weshalb ich aber vorzüglich **Canton** hier nennen muß, ist der Umstand, daß wir ihm das erste Instrument verdanken, wodurch die Elektrizität nicht nur angezeigt, sondern auch, wenigstens angenähert, gemessen werden kann, das erste eigentliche Elektrometer oder Elektroskop. Schon **Gray** und **Dufay** beobachteten, daß nebeneinander hängende Fäden nach der Elektrisirung divergirten oder einander zurtückstießen, und **Dufay** benutzte bereits 1733 die Divergenz zweier solcher Fäden, um den elektrischen Zustand einer Stange daran zu erkennen. **Nöllet** schlug 1747 vor, den Winkel der Divergenz als Maß für die Stärke der Elektrizität zu benutzen, und durch den Schatten der Fäden auf einem getheilten Gradbogen zu messen. **Jakob Siegismund v. Waitz**, der 1777 in Berlin als Staatsrath starb, empfahl in seiner von der berliner Akademie gekrönten *Abhandlung von der Elektrizität und deren Ursachen, Berlin 1745* Gewichtchen an die Fäden zu hängen, um so die abstoßende Kraft der Elektrizität mit der Schwere vergleichen zu können. **Ellicott**²⁾ endlich und **Gralath**³⁾ wollten die Anziehung vermittelst einer Wage messen.

Allein ein praktisch brauchbares Elektrometer hatte noch keiner dargestellt, das that erst **Canton** mit seinem Korkkugeln- oder Hollundermarkkugeln- Elektrometer⁴⁾. Dieses ist das Vorbild einer Unzahl anderer geworden, die im Princip nicht von ihm abweichen und von denen ich hier nur erwähnen will: **Henley**, Quadrant-Elek-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 596.

²⁾ Philos. Transact. f. 1748.

³⁾ Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Danzig 1747.

⁴⁾ Phil. Transact. 1753; abridged X, 421.

trometer, Phil. Transact. 1772; abridg. XIII, 323. — **Cavalle**, complete Treatise on electricity 1777. — **Achard**, berliner naturforsch. Gesellsch. 1775. — **Lane's** Auslader, Phil. Tr. 1767; abr. XII, 475. — **Volta**, Strohhalm-Elektrometer, erfunden 1781. Meteorol. Briefe No. 1. — **Bennet**, Goldblatt-Elektrometer, Phil. Transact. 1787; abr. XVI, 173.

Elektrischer Wirkungskreis.

350. Seit Dufay im J. 1733 den Unterschied der Glas- und Harz-Elektricität, Electricité vitrée und résineuse, aufgestellt hatte, nahm man allgemein an, daß die Art der von einem geriebenen Körper erhaltenen Elektricität auf eine unabänderliche Weise mit dessen Natur verknüpft sei. **Canton** war es, der zuerst diesen Irrthum berichtigte, indem er durch eine 1753 angestellte und 1754 in den Phil. Transact. veröffentlichte Reihe von Versuchen darthat, daß ein und derselbe Körper positive und negative Elektricität geben könne, je nach dem Zustand seiner Oberfläche und der Beschaffenheit des reibenden Körpers.

So fand er, dass eine mattgeschliffene Glasröhre mit Flanell gerieben negativ wurde wie Siegellack, während sie im polirten Zustand mit demselben Flanell gerieben positive Elektricität gab. Selbst aus der matten Röhre konnte er positive Elektricität erhalten, wenn er sie erst mit Talg bestrich, dann abwischte und nun mit geölter Seide rieb, auf welche etwas Kreide gestrichen war. Die Arbeiten der späteren Physiker haben diese Entdeckung **Canton's** nur bestätigt und erweitert.

Eine andere Arbeit **Canton's**, dieselbe, in welcher er das Korkkugeln-Elektrometer beschrieb (Phil. Tr. 1753), erregte unter den Zeitgenossen ein noch größeres Aufsehen, so daß **Priestley** in seiner Geschichte der Elektricität davon sagt, die Erscheinungen sähen den Wirkungen einer Zauberkraft ähnlich, obwohl sie uns heut zu Tage sehr einfach und natürlich vorkommen. Die Arbeit betraf die sogen. elektrische Atmosphäre.

Die ersten Elektriker, die von den mannichfaltigen elektrischen Erscheinungen kaum mehr als die Anziehung und Abstoßung kannten, schrieben diese öligen Ausflüssen zu, die nach ihrer Vorstellung den geriebenen Körper wie eine Atmosphäre umgeben, woraus denn der Name elektrische Atmosphäre entstand. Nach und nach ließ man von der groben Vorstellung etwas fallen, aber ganz konnte man sich doch von ihr nicht trennen, und selbst Canton kam nicht aufs Reine, obgleich seine Versuche den ersten Anstoß gaben zu einer richtigen Einsicht.

Diese Versuche waren nun folgende¹⁾: Er hing ein Paar Korkkugeln an Zwirnfäden und ein anderes Paar an Seidenfäden auf. Bei Annäherung einer elektrischen Röhre divergirten die ersteren, fielen aber nach dem Zurückziehen der Röhre wieder zusammen; die Kugeln an den seidenen Fäden dagegen traten erst bei größerer Nähe der Röhre auseinander, blieben aber auch nach Fortnahme der Röhre noch längere Zeit getrennt. Canton erklärte sich diese Vorgänge dadurch, daß er meinte, die Kugeln würden im ersten Falle gar nicht elektrisch, weil sie an leitenden Fäden hingen, und ihre Divergenz sei nur die Folge der von der elektrischen Röhre ausgehenden Atmosphäre, deren Theilchen von den Kugeln angezogen, auf denselben verdichtet würden, und sich nun abstießen. Bei den Kugeln an seidenen Fäden müßte wohl ein Theil der elektrischen Materie sich in die Fäden begeben, so daß erst in dem dichteren der Röhre näheren Theil der Atmosphäre die zur Abstoßung erforderliche Kraft gewonnen werde.

Er isolirte ferner Blechröhren und hing an jedem der Enden ein Paar Korkkugeln auf. Wenn er nun die elektrische Röhre der Metallröhre näherte oder sie zurückzog, so sah er die Korkkugeln bald divergiren, bald konvergiren, und er bemühte sich, diese Erscheinungen ebenfalls durch die elektrische Atmosphäre zu erklären.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 726 f.

Durch Canton wurde Franklin veranlaßt eine Untersuchung über diese Wahrnehmungen anzustellen, die er im December 1755 der königl. Gesellschaft mittheilte. Aber auch er kam mit der Sache nicht ins Klare, und vermochte sie nicht nach seiner Theorie vom Ueberschuß und Mangel an Elektricität genügend zu erklären. Namentlich behielt er die Meinung bei, daß ein Körper, der in die sogenannte elektrische Atmosphäre eines anderen elektrisirten Körpers komme, dieselbe Elektricität erhalte, welche dieser besitzt.

351. Erst zweien unserer Landsleute war es vorbehalten, diesen Grund-Irrthum zu heben, und damit nicht nur eine vollständige Erklärung der elektrischen Vertheilung zu geben, sondern auch überhaupt eine richtige Theorie der Elektricität anzubahnen. Diese beiden Männer, welche durch die Umstände gezwungen ihren Wirkungskreis leider im Auslande suchen mußten, und deshalb gewöhnlich von Engländern und Franzosen nicht einmal für Deutsche anerkannt werden, obgleich sie es ebenso gut waren, wie der berühmte Chemiker Scheele und die Mehrzahl der Mathematiker und Physiker, welche in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts den Glanz der petersburger Akademie ausmachten. Diese beiden Männer waren Wilke und Aepinus.

Johann Karl Wilke (Wilcke) war der Sohn eines Predigers in Wismar, damals eine schwedische Besetzung, und daselbst geboren 1732. Er machte seine Studien in Göttingen und Rostock, wo er promovirte, und darauf einige Zeit in Berlin lebte. Hier traf er zusammen mit Aepinus, mit dem er gemeinschaftlich und erfolgreich die Erscheinungen der leydeners Flasche studirte. Darauf ging er nach Stockholm, wo er auf dem Ritterhause physikalische Vorlesungen hielt, und bald zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften ernannt wurde. Die Akademie machte an ihm eine sehr glückliche Acquisition, denn bis an seinen 1796 zu Stockholm erfolgten Tod, über 30 Jahre lang, blieb er in unausgesetzter Thätigkeit, und bereicherte die Schriften der Akademie mit zum Theil sehr wichtigen Ab-

handlungen über fast alle Zweige der Physik, namentlich über die Wärmelehre, Elektrizität und den Magnetismus. Er hat unabhängig von Black und Crawford 1772 die spezifische Wärme entdeckt, sie zuerst genau untersucht, und auch vor jenen noch seine Untersuchung publicirt. Ebenso hat er die erste Karte von der magnetischen Inklination geliefert. Alle seine Arbeiten tragen den Charakter der Einfachheit und Klarheit an sich.

Franz Ulrich Theodor Aepinus war auch ein Mecklenburger, geb. 1724 zu Rostock. Sein eigentlicher Name, den er freilich niemals geführt hat, den vielmehr schon einer seiner Vorfahren, nämlich der 1553 zu Hamburg verstorbene Pastor Joh. Aepinus, ablegte, war Huch, Huck oder Hoek, welchen dieser Mann der Sitte der Zeit gemäß in Aepinus verwandeln zu müssen glaubte, von αἰπινός oder αἰρός hoch. Aepinus war anfangs Privatdocent in Rostock, dann Professor in Berlin und ging darauf nach Petersburg, wo er Professor der Physik, Mitglied der Akademie, Direktor des Kadettenkorps und Ober-Intendant der russischen Normalschulen ward. Zuletzt lebte er privatisirend in Dorpat, wo er 1802 starb. Sein Hauptwerk, um dessentwillen er am häufigsten und grade hier in der Elektrizitätslehre genannt wird, ist: *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, Petrop. 1759.

Wilke machte sich schon durch seine Inaugural-Dissertation *De electricitatibus contrariis*, Rostock. 1757 um die Elektrizitätslehre verdient, indem er die von Canton beobachteten Erscheinungen folgerecht analysirte, und auf ihren Grund zurückbrachte. Er beobachtete: 1) daß leichte isolirte Körper bei Annäherung eines elektrischen Körpers *A* von diesem angezogen werden, und nach Entfernung desselben wieder unelektrisch sind. 2) Wird während eines solchen Versuchs dem isolirten in der Atmosphäre von *A* befindlichen Körper *B* ein abgeleiteter Körper nahe gebracht, so wird auch dieser von *B* zuerst angezogen und dann abgestoßen. 3) Nähert man *B*, solange er unter dem Einfluß von *A* steht, eine Spitze, so ist *B* nach Ent-

fernung von *A* elektrisch, und hat die dem *A* entgegengesetzte Elektrizität.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen schließt Wilke, daß ein unelektrischer Körper *B* in der Atmosphäre eines elektrischen *A* die entgegengesetzte Elektrizität des letzteren erhalte.

Aepinus wiederholte diese Versuche in der Weise, daß er auf einen langen isolirten Leiter *B*, neben welchem nahe an dem einen Ende ein elektrisirter Körper *A* sich befand, ein kleines Gewicht an einer seidenen Schnur herabließ. Zog er dies Gewicht in die Höhe, so ergab sich, daß es von dem nach *A* hin liegenden Ende des Leiters eine mit *A* ungleichnamige, von dem abgewendeten Ende aber die mit *A* gleichnamige Elektrizität empfangen hatte. Gestützt auf dergleichen Versuche sprach er sich nun entschieden gegen die elektrische Atmosphäre aus, die er höchstens bei Mitwirkung der Luft statuirte, und führte dafür den bezeichnenden Namen elektrischer Wirkungskreis ein ¹⁾.

Dies führte denn zu einer richtigen Ansicht von der Ladung der leydenen Flasche, und beide Physiker wurden dadurch bei ihrer gemeinschaftlichen Untersuchung in Berlin zu einem Verfahren geleitet, auch eine Lufttafel in eben der Art zu laden, wie bisher gewöhnlich mit Glastafeln geschehen war. Sie überzogen zwei große Bretter mit Blech, und hingen diese einige Zoll weit getrennt, mit den breiten Seiten parallel, neben einander auf. Wurde nun das eine Brett positiv elektrisirt, so war das andere, entsprechend dem Versuch mit der Glastafel Franklin's, allemal negativ elektrisch, und legte Jemand die eine Hand an das eine Brett und berührte mit der anderen Hand das andere, so erhielt er einen erschütternden Schlag, wie bei der leydenen Flasche.

Da sich nun eine Lufttafel ebenso gut laden ließ wie eine Glastafel, so war damit Franklin's Ansicht widerlegt,

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 734. 735.

welcher glaubte, daß die Ladungsfähigkeit einer Flasche oder Scheibe auf der besonderen Struktur des Glases beruhe und diesem eigenthümlich sei. Diese Eigenschaft, behauptete Aepinus, käme allen Nichtleitern zu, und er läugnete das Dasein elektrischer Atmosphären, die in Ausdünstungen aus elektrisirten Körpern bestehen. Er ist auch der Meinung, daß der Schwefelgeruch und das Gefühl von Spinngewebe, welche ein elektrischer Körper verursacht, nichts weiter als die Empfindungen seien, welche aus der Wirkung des elektrisirten Körpers auf die elektrische Flüssigkeit in den Nasenlöchern oder den betreffenden Leibestheilen hervorgingen.¹⁾

Symmer's Theorie.

352. Unterdeß wurde in England von dem Esquire Robert Symmer, von dem man nichts weiter weiß als daß er Mitglied der königlichen Gesellschaft war, im J. 1759 eine Reihe von Versuchen gemacht, von denen man buchstäblich sagen kann, daß sie die Elektrizität auf die Strümpfe brachten, denn die Untersuchung, welche den Fortschritten der Elektrizitätslehre nicht unwesentlichen Vorschub leistete, wurde in der That mit seidenen Strümpfen angestellt. Symmer pflegte seidene Strümpfe zu tragen und zwar doppelte, weiße unten, schwarze darüber. Als er sie eines Abends auszog, vernahm er ein Geknister, und zugleich sah er im Dunkeln helle Funken herausfahren. Da er bald einsah, daß die Erscheinung eine elektrische sein müsse, so wurde er veranlaßt dieselbe näher zu untersuchen, und dabei fand er im Wesentlichen folgendes:

Wenn beide Strümpfe zugleich vom Fusse abgezogen wurden, so gaben sie keine Anzeigen von Elektrizität, so wenig, wie wenn sie ruhig auf dem Fusse blieben. Sobald sie aber nacheinander abgezogen oder nach dem gleichzeitigen Ausziehen von einander getrennt wurden, waren sie stark elektrisch, und zwar in dem Grade, daß sie auf-

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 737, 739.

geblasen blieben, wie wenn der Fuß noch darin steckte. Dabei fand zwischen denen von gleicher Farbe eine starke Abstofsung statt, so daß sie nahe an einander gehalten einen Winkel von 30 bis 35° bildeten, und die von ungleicher Farbe zeigten eben so starke Anziehung. Die weißen waren positiv, die schwarzen negativ elektrisch. Kamen die Strümpfe von ungleicher Farbe mit einander in Berührung, so verloren sie sogleich das Aufgeblasene, sie fielen zusammen, legten sich dicht an einander, und es war eine bedeutende Kraft erforderlich, um sie wieder zu trennen. Bei einem Versuche, wo etwas dicht gewebte Strümpfe angewandt und beide umgewendet wurden, um ihre rauhen Seiten in Berührung zu bringen, war zur Trennung der ungleichfarbigen eine Kraft von 15 Pfund erforderlich, 92mal so viel als ein Strumpf wog.

Man kann sich leicht denken, daß diese Versuche großes Aufsehen erregten und vielfach wiederholt wurden, und will ich von den Wiederholungen nur die des Abbé Nollet hier erwähnen, da derselbe zeigte, daß die Verschiedenheit der Farbe nur ein Nebenumstand sei, daß die schwarzen Strümpfe ihr elektrisches Verhalten gegen die weißen der Behandlung der Seide mit Galläpfeldekot verdanken. So auffallend indess die Symmer'schen Versuche auch waren, so lehrten sie doch im Grunde nichts wesentlich Neues, denn daß beim Reiben zweier Körper an einander beide elektrisch werden, und zwar entgegengesetzt elektrisch, das hatte schon Franklin 1747 an zwei isolirten Personen dargethan (§ 344). Wilke hatte sogar in seiner *Dissertatio de electricitatibus contrariis* 1757 diese Erfahrung zum allgemeinen Satz erhoben, und eine Reihe von Körpern aufgestellt, von denen jeder gegen die vorangehenden negativ und gegen die folgenden positiv sei. Diese erste elektrische Reihe war:

Glattes Glas	Papier
Wollenes Tuch	Siegellack
Federspulen	Raues Glas
Holz	Schwefel.

Um so merkwürdiger ist nun der Schluß, den Symmer aus seinen Versuchen zieht, daß es nämlich zwei entgegengesetzte elektrische Materien gebe, die in den Körpern, wenn sie im natürlichen Zustand sich befinden, gebunden seien, durch das Reiben aber getrennt würden, und noch merkwürdiger ist, daß diese Ansicht, die schon 26 Jahre früher von Dufay aufgestellt ward (§ 336), aber seitdem ganz unbeachtet geblieben war, von nun an Eingang bei den Physikern fand, ungeachtet Franklin noch lebte und ungeachtet ein gleichzeitiger Physiker, der die Symmer'schen Versuche wiederholte, der Professor der Anatomie zu Turin Giovanni Francesco Cigna (1734—1790) schon die Bemerkung machte, daß sich alles ebenso gut nach Franklin's Theorie erklären lasse.

Symmer gab sich viele Mühe seine Theorie durch fernere Untersuchungen zu stützen, wozu ihm Franklin großmüthig genug sogar mit seinen Instrumenten behülflich war. Aber der einzige ziemlich schwache Beweis, den er auffinden konnte, und den er verschiedenartig modificirte, bestand in der Thatsache, daß wenn man einen elektrischen Funken durch ein Buch Papier schlagen läßt, die Ränder des dadurch entstandenen Loches nach beiden Seiten ausgebogen sind. Dennoch wurde die Theorie, wie gesagt, beifällig aufgenommen, und im Lauf der Zeit trat ein namhafter Physiker nach dem andern zu der von Symmer wieder aufgefrischten Dufay'schen Theorie über. So u. A. Torbern Bergman in der Abhandlung *Versuche über an einander geriebene Glasflächen*, Stockholm. Akademie 1765. — Kratzenstein in *Vorlesungen über Experimental-Physik*, 6. Aufl., 1787. — Karsten in *Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniß der Natur* 1783. — Lichtenberg, der zuerst die Bezeichnung $+E$ und $-E$, positive und negative Elektrizität einführte, und durch die von ihm im J. 1777 entdeckten Staubfiguren, Lichtenberg'sche Figuren, mit dazu beigetragen hat, der dualistischen Theorie Eingang zu verschaffen. — Selbst Wilke, der in seinen früheren Untersuchungen sich als ein eifriger Anhänger der unitarischen

oder Franklin'schen Theorie erwies, gab in seinen späteren Arbeiten 1762 und namentlich 1777 der Dufay'schen entschieden den Vorzug¹⁾, welche überall die Symmer'sche genannt und als solche verbreitet worden ist.

Wenn auch einige Naturforscher besonders unter den Engländern noch bei der Franklin'schen Theorie blieben, wie z. B. Cavallo in *A complete Treatise on Electr.* 1777, oder sich neutral verhielten wie Priestley, *History of electricity*, London 1767, 1770, so hat doch nach und nach die dualistische Theorie den vollständigsten Sieg über die unitarische davongetragen wegen der Leichtigkeit, mit der sie sich allen bisherigen Erfahrungen anschmiegen läßt, obwohl kein aufgeklärter Physiker heutigen Tages, wenn man ihn aufs Gewissen fragte, würde schwören mögen, daß es wirklich zwei elektrische Flüssigkeiten gebe.

Priestley.

353. Der zuletzt genannte Joseph Priestley war geb. 1733 zu Fieldhead bei Leeds in Yorkshire als Sohn eines Tuchfabrikanten. Er war anfangs zum Kaufmannsstande bestimmt, aber eine religiöse Ueberspannung, die er von seiner Mutter geerbt zu haben scheint, trieb ihn zu den geistlichen Studien. Hätte er sich willig den Lehren der englischen Hochkirche gefügt, so würde er auf dieser Laufbahn wohl bald in den Hafen der Ruhe eingelaufen sein, aber sein skeptischer und streitsüchtiger Charakter verleitete ihn bald dahin, daß er als offener Gegner der herrschenden Lehre auftrat. So konnte er es denn nur zum Prediger bei einigen dissentirenden Gemeinden bringen, in welchen er der unduldsamste Apostel des Socianismus ward, und hätte er nicht später an dem Lord Shelbourne, dem nachmaligen Marquis von Landsdown, der ihn zu seinem Kaplan annahm, einen großmüthigen Beschützer gefunden, so würde seine äußere Lage noch miselicher geworden sein als sie es war.

¹⁾ Schwedische Abhandlungen, XXXIX, S. 63.

Von der Zeit an, wo man ihm, freilich zum Glück für die Wissenschaft, die Stelle eines Kaplans bei der zweiten Expedition des Kapitän Cook seiner Ungläubigkeit wegen verweigerte, bis zu dem verhängnisvollen Tage des 14. Juli 1791, wo der wüthende Pöbel in Birmingham, bei dem er als französischer Republikaner verketzert war, sein und seiner Freunde Häuser plünderte, und mit allem was darin war verbrannte, zeigt uns sein ganzes Leben eine Kette von Verfolgungen und Verdrießlichkeiten, die er sich freilich durch seine Streitsucht und Leidenschaftlichkeit selber zugezogen hatte.

Um eine Probe von dieser Leidenschaftlichkeit zu bekommen, muß man die von ihm über sein Leben hinterlassenen Memoiren lesen. Es geschieht darin keiner einzigen Person Erwähnung, ohne daß nicht ihre religiösen Ansichten mit erstaunlicher Genauigkeit abgewogen wären. Er hatte einen Freund, mit dem er sich gerne über Chemie unterhielt, der aber seine religiösen Ansichten nicht theilte. Nie sprachen sie über Religion mit einander, aber in Büchern und Broschüren, die sie miteinander wechselten, ergossen sie sich gegenseitig in der bittersten Galle.

Solch' einem heftigen und unduldsamen Charakter konnte es am Ende in seinem Vaterlande nicht mehr gefallen. Im J. 1794 wanderte er nach Nordamerika aus, und ließ sich dort in Pennsylvanien nieder, endlich unter dem Schutz des Präsidenten Jefferson in Ruhe lebend. Erst nach zehnjährigem Aufenthalt daselbst starb er am 6. Februar 1804, muthmaßlich in Folge einer Vergiftung.

Obwohl Priestley wiederholt versichert, daß er kein Chemiker sei und¹ nichts von Chemie verstehe, so ist doch unbestreitbar, daß seine chemischen Entdeckungen es sind, die seinen Namen verewigen. Bei seinen Untersuchungen über die Gasarten, deren Veröffentlichung er mit dem Werk: *Experiments and observations on different kinds of air*, 3 vol., London 1774 begann, entdeckte er: Sauerstoffgas, Stickstoffoxyd, Kohlenoxyd, Ammoniakgas, schwefligsaures Gas, salzsaures Gas und Fluorsiliciumgas, und haben

diese namhaften Bereicherungen unserer Kenntnisse wesentlich zur Gründung der neueren Chemie beigetragen. Aber wie er selbst es nicht verstand aus diesem schätzbaren Material ein neues Gebäude aufzuführen, so blieb er auch, nachdem dieses von Lavoisier errichtet worden war, ein hartnäckiger Anhänger der alten Stahl'schen Lehre, und erhob sogar noch im J. 1800 seine Stimme zu Gunsten des längst als ein Hirngespinnst erkannten Phlogistons.

Ziemlich ähnlich ist sein Verhalten zur Physik und namentlich zur Elektrizitätslehre, für die er durch die Bekanntschaft mit Franklin gewonnen ward. Verdanken wir ihm hier auch keine Entdeckung, die mit den chemischen in gleichen Rang gestellt werden könnte, so hat er doch eine große Anzahl einzelner Thatsachen beobachtet, die zu weiteren Forschungen anregten. Er untersuchte die Leitungsfähigkeit des glühenden Glases, ferner des Eises, aus welchem er, wenn es elektrisirt war, zolllange Funken zog, und entlud eine leydener Flasche durch die Flamme eines Lichtes¹⁾. Bemerkenswerth sind auch seine Beobachtungen über das elektrische Licht in Wasserstoffgas, und der nach ihm benannten Priestley'schen Ringe. Am nützlichsten hat er sich wohl durch seine *History and present state of electricity*, Lond. 1767, additions 1770 gemacht, die ihm auch großen Ruf unter den Zeitgenossen brachte.

Elektrophor. Kondensator. Torsionswage.

354. Unter den Versuchen, die Robert Symmer anstellte, um seine Hypothese von zwei besonderen Elektrizitäten zu unterstützen, befanden sich auch mehrere, bei denen er die Ladungserscheinungen verfolgte, die sich zeigen, wenn Glastafeln auf einer oder auf beiden Seiten belegt, in verschiedener Weise mit einander kombinirt werden²⁾. Symmer's Beobachtungen veranlaßten den Pater Beccaria zu Turin im J. 1769 zu einer Arbeit, wobei er

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. V, 660, 663.

²⁾ Ibid. V, 708 f.

Glastafeln mit abnehmbaren Belegen gebrauchte, und den Zustand derselben vor und nach der Entladung untersuchte. Dadurch kam er zu der sonderbaren Ansicht, daß das Glas die Eigenschaft habe, anfangs Elektricität an die Belegung abzugeben, bei der Entladung aber aus dieser wieder zurückzunehmen. Dieses Verhalten der Elektricität zum Ladungsglase nannte *Beccaria* die sich selbst wiederherstellende Elektricität, eine *Electricitas vindex*.

Diese *Electricitas vindex* war es, die zuerst den großen Physiker auf die Bühne der Wissenschaft brachte, der später durch seine wichtigen Entdeckungen dem Studium der Elektricität einen nicht entfernt gehnnten Impuls und Umfang geben sollte, *Alexander Volta* nämlich. Er läugnete, daß ein erregter Isolator seine Elektricität bei der Verbindung mit einem Leiter an diesen abgebe, und bei der Trennung beider wieder ergriffe, und behauptete dagegen, daß die Elektricitäten so lange, als sich die eine im Wirkungskreis der anderen befindet, im Gleichgewicht ständen oder unwirksam würden, d. h. einander bänden. Er zeigte dies durch einen auf eine geriebene Harzplatte gesetzten isolirten Leiter, und da Harzplatten die in ihnen erregte Elektricität sehr lange behalten, so führte ihn dies zur Konstruktion des Instruments, welchem er den Namen *Elettroforo perpetuo* gab.

Es war im December 1775, da *Volta* dieses für die Theorie und Praxis wichtige Instrument in einem Briefe an *Priestley* beschrieb¹⁾. Danach besteht es aus drei Haupttheilen: 1) aus einer runden Metallform mit aufstehendem Rand, dem Teller; 2) aus einer Scheibe von einer nichtleitenden Substanz, wie Glas, Harz, Schwefel u. dgl., Kuchen genannt; 3) aus einer an seidenen Schnüren hängenden Platte aus einem guten Leiter, einer Scheibe aus Blech oder mit Stanniol überzogenem Holz, die den Namen Deckel oder Schild erhalten hat. Teller und Deckel müssen möglichst glatt ohne Ecken sein, der Kuchen darf

¹⁾ *Scelta di opuscoli interessanti*, T. IX u. X, Milano 1775.

keine Risse und Blasen haben, er muß mit dem Rand des Tellers gleich hoch sein, und über den aufgesetzten Deckel ringsum mindestens zollweit vorragen.¹⁾

Im Grunde genommen war der Elektrophor nichts Neues; alle die Erscheinungen, welche ein geriebener Harzkuchen darbietet, zeigen sich auch, nur schwächer, an einer elektrisirten Glastafel, und an einer solchen hatte unser Landsmann Wilke bereits 1762 alle die Eigenschaften aufgefunden, welche Volta von seinem Elektrophor angiebt²⁾. Aber Wilke hatte nicht daran gedacht, darauf hin ein eigenes Instrument zu konstruiren, wie er dies selbst in einer späteren Abhandlung von 1777 sehr bescheiden eingesteht. Diese beiden Abhandlungen von Wilke sind übrigens noch heut zu Tage recht lesenswerth, da die Erscheinungen der geladenen Glastafel und des Elektrophors darin mit einer Gründlichkeit behandelt werden, wie man sie sonst nirgend findet. Namentlich gilt dies auch von der Widerlegung der *Elektricitas vindex* Beccaria's, deren Unhaltbarkeit in allen Einzelheiten nachgewiesen wird.

Durch die bisherigen Arbeiten waren die Erscheinungen der elektrischen Ladung, Vertheilung und Mittheilung so weit aufgeheilt, daß es schien, als seien sie bereits erschöpft, und wirklich verstrich auch mehr als ein Lustrum, ohne daß in der Kenntniß derselben ein merklicher Fortschritt gemacht wurde. Erst 1783 erfolgte ein solcher, als Volta mit einer zweiten wichtigen Erfindung auftrat, mit der Erfindung des Kondensators, eines Instruments, das den Zweck hat sehr schwache Grade von Elektricität so zu verstärken, daß sie merkbar werden; er beschrieb es im *Journal de physique* von 1783.

Volta, der sich schon früher mit Elektricitäts-Messungen beschäftigte und wie ich bereits angab, 1781 das Strohhalm-Elektrometer erfand (§ 349), dachte auch anderweitig an Mittel die Empfindlichkeit der elektrometrischen Instru-

¹⁾ Fischer, *Gesch. d. Phys.* VIII, 281, 283.

²⁾ Schwed. Abhandlungen, Bd. XXIV.

mente zu erhöhen. Dahin gehört die Verbindung des Elektrometers mit einer Lichtflamme oder einem brennenden Schwefelfaden, beschrieben 1787 in einem seiner meteorologischen Briefe an Lichtenberg. Diese Anwendung der Lichtflamme erklärte zugleich, weshalb dieselbe in so hohem Grade die Fähigkeit besitzt elektrisirte Körper zu entladen, was Priestley und frühere Beobachter wohl bemerkt hatten, aber nicht erklären konnten oder zu erklären versuchten. Horace Benedict Saussure änderte die Volta'sche Vorrichtung dahin ab, daß er statt der Lichtflamme glimmenden Zunder nahm, wodurch das Instrument noch geschickter wurde zu Beobachtungen im Freien.

Eine fernere Vervollkommnung des Elektrometers, auf welche Volta und Bennet 1787 gleichzeitig geriethen, ist die Verbindung des Kondensators mit dem Elektrometer. In demselben Jahr beschrieb auch Bennet seinen Duplikator, Elektricitätsverdoppler, als eine Vorrichtung um schwache Elektricitäten zu verstärken. Derselbe besteht aus drei Messingplatten *A*, *B*, *C*, von 3 bis 4 Zoll Durchmesser; die unterste *A* ist auf der oberen Seite, die oberste *C* auf ihrer unteren Seite mit einem dünnen Firniß überzogen; die mittlere ist auf beiden Seiten, *A* und ebenso *C* auf der nicht gefirnißten Seite polirt. Außerdem lassen sich *B* und *C* mittelst isolirender Handhaben aufeinander legen und abheben. Zunächst wird *B* auf *A* gesetzt, dann der unteren Seite die zu prüfende Elektricität mitgetheilt, und verfahren wie bei einem Kondensator. Hierauf wird *B* abgehoben, *C* darauf gelegt, und beide wiederum wie ein Kondensator behandelt. Wäre die ursprünglich *A* mitgetheilte Elektricität z. B. positiv gewesen, so würde hiernach *B* negativ, *C* wieder positiv elektrisch sein. Die auf *C* befindliche Elektricität wird nun wieder wie zu Anfang *A* zugeführt, wodurch dessen Gehalt an Elektricität auf nahe das Doppelte gebracht wird, und durch Wiederholung des Ganzen erheblich verstärkt werden kann.

So sinnreich diese Vorrichtung auch ist, so waren ihre Angaben doch oft unzuverlässig; sie gab bei dem-

selben Verfahren entgegengesetzte Elektricitäten, und bei Mittheilung entgegengesetzter meist die zuerst angewandte Elektricität allein an. Cavallo, der auf diese Uebelstände aufmerksam machte, sahe als die Ursache davon die Firnisschichten an, welche selbst Elektricität aufnehmen, behalten und dadurch stark auf das Resultat einwirken ¹⁾. Lichtenberg verwarf daher selbst bei dem einfachen Kondensator den Firnis, und schlug statt der Harzschicht eine Luftschicht vor.

355. So viel nun auch bereits für die Kenntniß der elektrischen Erscheinungen geschehen war, so blieb doch für die Verknüpfung derselben durch eine genaue Theorie noch das beste, ja im Grunde alles zu thun übrig. Aepinus in seinem Tentamen theoriae electr. 1759, und später Cavendish in den Phil. Transact. 1771 hatten zwar versucht eine mathematische Theorie der Elektricität aufzustellen, aber es fehlte ihnen doch an der Basis dazu, an genauen numerischen Daten zur Prüfung derselben. Es fehlte nicht allein an zuverlässigen Messungen, sondern auch an einer guten Methode dazu. Man hatte keine anderen Meßwerkzeuge als die sogenannten Elektrometer, die aber ihrem Namen sehr unvollkommen entsprechen. Diese große Lücke wurde zuerst durch Coulomb ausgefüllt.

Charles Augustin Coulomb war geb. 1736 zu Angoulême. Er kam sehr jung nach Paris und zeigte bald eine entschiedene Vorliebe für die Mathematik, aber verschiedene Umstände hinderten sich ganz dieser Wissenschaft zu widmen; er trat vielmehr als Ingenieur ins Militär, und ging als solcher nach den französischen Kolonien in Westindien. Neun Jahre verweilte er dort, und führte die Oberaufsicht über mehrere öffentliche Bauten, bis seine durch das Klima geschwächte Gesundheit seine Rückkehr nach Europa nöthig machte. Nachdem diese erfolgt war, begann er bald darauf wissenschaftliche Arbeiten zu machen, die er von Zeit zu Zeit der pariser Akademie mittheilte.

¹⁾ Fischer, Gesch. d. Phys. VIII, 403.

Im J. 1779 betheiligte er sich mit van Swinden an dem Preis, welchen die Akademie auf die beste Konstruktion des Schiffskompasses ausgesetzt hatte, und zwei Jahre später 1781 erhielt er den Preis für seine Abhandlung über die Theorie der einfachen Maschinen, eine wichtige Arbeit, worin er auf die Reibung der Theile und die Steifigkeit der Stricke Rücksicht nahm.

In demselben Jahre 1781 wurde Coulomb Mitglied der pariser Akademie, und er rechtfertigte die auf ihn gefallene Wahl sehr bald durch die schöne Abhandlung: *Recherches théoriques et expérimentales sur la force de torsion et sur l'élasticité des fils de métal, Mém. de Paris 1784.* Diese Arbeit, auf welche er durch seine Beschäftigung mit dem Schiffskompaß geführt worden war, ist besonders wegen ihrer Anwendungen von der größten Wichtigkeit, sie führte ihn u. A. auf die Erfindung jenes zarten Instruments, das seit seiner Zeit überall gebraucht wird um schwache Kräfte mit Genauigkeit zu messen, auf die Torsionswage.

An dieser Wage werden magnetische und elektrische Kräfte durch die Drehung eines feinen Metalldrahts gemessen, der in der Axe eines hohen Glascyinders hängt. Im Wesentlichen ist die ursprüngliche Einrichtung folgende: Den Glascyinder bedeckt eine Platte, in deren Mitte sich ein Metallstab dreht, welcher unten in eine Klemme zur Befestigung des Drahtes ausgeht, oben aber mit einem Zeiger versehen ist. Dieser läuft über eine auf der Platte befindliche Kreistheilung und giebt den Betrag der Drehung in Graden an, wenn man den Draht mittelst des Stabes dreht. In dem unteren Ende des Drahtes hängt genau wagerecht ein möglichst leichter Hebel aus Gummilack mit einem Hollundermarkkugelchen an dem einen Ende; ein zweites Hollundermarkkugelchen ist auf einem nicht leitenden Träger befestigt, und so gestellt, daß es das erste berührt, wenn der Draht ohne Drehung ist. In der Horizontalebene dieser Kugelchen geht eine Kreistheilung um den Glascyinder, deren Nullpunkt bei dem festen Kugelchen

ist. Vor Beginn des Versuches müssen Hebel und Zeiger auf Null der Theilung zeigen und die Kügelchen sich berühren. Sobald diese aber elektrisch gemacht sind, stoßen sie sich ab und drehen den Hebel sammt dem Drahte. Wird nun der letztere oben durch den Zeiger in entgegengesetzter Richtung tordirt, und dadurch die Annäherung beider Kügelchen bewirkt, so kann man aus der Größe beider Drehungen das Verhältniß zwischen der elektrischen Kraft und der Elasticität des Drahtes sehr genau feststellen.

Es ist später erwiesen, daß ein Engländer John Michell, derselbe, welcher die von Cavendish 1798 ins Werk gesetzte Methode zur Bestimmung der mittleren Dichte der Erde erfand, schon vorher die Idee der Torsionswaage hatte und auch anwandte, um den präsumirten Stoß der Sonnenstrahlen zu messen. Aber als Coulomb seine Abhandlung publicirte, war davon noch nichts bekannt, und außerdem hat Coulomb zuerst das Wirkungsgesetz dieses Instruments nachgewiesen, ohne welches gar keine Anwendung davon gemacht werden könnte. Er zeigte, daß diese Kraft

$$F = \mu w \frac{r^4}{l}$$

sei, wenn r der Radius des tordirten Drahtes, l dessen Länge, μ ein für die verschiedenen Substanzen verschiedener Koeffizient und w der Drehungswinkel ist.

Was nun die Anwendung betrifft, die Coulomb von der Torsionswaage machte, so ist sie es grade, weshalb ich diesen ausgezeichneten Physiker hier nennen muß. In sieben Abhandlungen in den pariser Memoiren von 1785 bis 1789 bestimmte er mittelst dieses Instruments die Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstoßung, sowie die der Vertheilung der Elektrizität auf Leitern mit einer Sorgfalt und Genauigkeit, die noch bis jetzt als ein unübertroffenes Vorbild dastehn.

Als Hauptresultate dieser seiner Untersuchung kann man die folgenden ansehen:

1) Es giebt zwei elektrische Fluida, eine positive und eine negative Elektricität.

2) Die Theilchen einer jeden dieser Flüssigkeiten stoßen einander ab.

3) Die Theilchen der einen ziehen die der anderen an.

4) Die Anziehungen und Abstosungen geschehen im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen.

5) Das elektrische Fluidum verbreitet sich auf Leitern nicht in Folge einer chemischen Affinität, sondern vertheilt sich unter ihnen nach ihrer Gestalt und Lage lediglich vermöge seiner Repulsivkraft.

6) Bei Leitern verbreitet sich das elektrische Fluidum nur auf der Oberfläche, ohne in das Innere einzudringen.

7) Bei Isolatoren dringt es dagegen auch ins Innere.

8) Das elektrische Fluidum bildet keine Atmosphäre um die Körper, sondern die elektrischen Attraktionen und Repulsionen geschehen durch eine *actio in distans* des Fluidums, welches sich an oder in den Körpern befindet.

9) Im natürlichen Zustand sind beide Elektricitäten vereint in den Körpern und können daher keine Wirkung ausüben, sie werden indess getrennt durch das Reiben zweier Körper an einander, von denen der eine die positive, der andere die negative aufnimmt.

Coulomb's Arbeiten bilden gleichsam den Schlußstein der Untersuchungen über die Erscheinungen der statischen Elektricität, nicht allein für das XVIII., sondern auch weit hinein in das XIX. Jahrhundert. Auf sie gestützt hat Poisson im J. 1811 und 1824 seine tiefen analytischen Untersuchungen über die Vertheilung der Elektricität auf Leitern unternommen, die zwar bis jetzt unsere Kenntniß von der Natur dieses räthselhaften Wesens nicht erweitert haben, dennoch aber für die weitere Forschung in dieser Richtung von großer Wichtigkeit sind.

Coulomb hat nach jener seinen Namen verewigenden Epoche noch lange gelebt und für die Wissenschaft gewirkt. In den Stürmen der Revolution, wo bekanntlich

auch die Akademie aufgelöst wurde, verließ er Paris und zog sich auf ein kleines Besitzthum bei Blois zurück. Nach Wiederherstellung der Akademie unter dem Namen des Instituts nahm er seinen früheren Platz wieder ein, und füllte ihn auch würdig aus, indem er im J. 1800 noch zwei Abhandlungen lieferte, über den Magnetismus und über die Kohäsion der Flüssigkeiten, welche denselben Grad von Gedicgenheit besitzen, die alle seine Arbeiten auszeichnet.

Er starb zu Paris am 23. August 1806 im 70. Lebensjahr an Entkräftung, tief betrauert von Allen, die ihm näher standen, und in ihm auch den Mann von biederem Charakter hochachteten.

Quellen der Elektrizität.

356. Nach Coulomb's Arbeiten trat, wie schon gesagt, in der Erforschung der statischen Elektrizität eine lange Pause ein, während welcher auf diesem Gebiet kein erheblicher Fortschritt gemacht wurde. Ebenso blieben die bisher beobachteten Eigenschaften der dynamischen Elektrizität, ihre Licht- und Wärmeerzeugung, sowie ihre physiologischen selbst magnetischen Wirkungen, wenn auch merkwürdige, doch vereinzelte Thatsachen. Wir wollen daher diese Pause benutzen um einen Blick auf die Erweiterungen zu werfen, welche die Elektrizitätslehre unterdeß nach anderen Richtungen erfuhr, und zwar zunächst durch die Auffindung neuer Elektrizitätsquellen.

Bis zu Franklin kannte man nur eine solche Quelle, das Reiben; er fügte die zweite hinzu die Atmosphäre, die natürliche Elektrizität. Unser Landemann Wilke entdeckte 1757 eine dritte, welche er die freiwillige nannte, *Electricitas spontanea*, die beim Erstarren geschmolzener Substanzen entstehende Elektrizität, die aber möglicherweise auch nur einem Reiben der Theilchen an einander ihren Ursprung verdankt. Er entdeckte sie, indem er Schwefel, Lack und andere Substanzen in Gefäßen von verschiedenem Material schmolz und erkalten ließ, während er sie ableitend berührte. In Glasgefäßen geschmolzen

erwies sich Schwefel nach dem Erkalten negativ, das Glas positiv, besonders, wenn es mit Metall überzogen war. Ebenso verhielt sich Lack in Glas, aber in einem Gefäße von Schwefel war der Lack positiv und der Schwefel negativ. Schon Dufay soll ähnliches beobachtet haben¹⁾.

Eine vierte Elektrizitätsquelle bot der Turmalin dar (§ 13). Wenn derjenige, welcher diesen Krystall zuerst für einen elektrischen ausgab, als Entdecker der Elektrizität desselben angesehen werden könnte, so hätte der große Naturhistoriker Linné den ältesten Anspruch darauf, denn er nannte den Turmalin schon 1747 in der Vorrede zu seiner *Flora ceylanica*: *Lapis electricus*. Aus welchem Grunde er ihn aber so nannte, sagt er nicht, vermuthlich aber aus keinem besseren als dem, aus welchem er gemeinlich ceylanischer Magnet genannt wurde, nachdem Lemery 1717 die Wirkungen desselben in der pariser Akademie gezeigt hatte. Beide Benennungen entsprangen offenbar aus einer dunklen Ahnung bei der äußeren Ähnlichkeit der Erscheinungen am Turmalin mit denen elektrisirter oder magnetisirter Körper, ohne daß darum Elektrizität oder Magnetismus im Geringsten am Turmalin nachgewiesen war. Daß es sich wirklich so verhielt, geht am besten daraus hervor, daß weder Lemery noch Linné wußten, welche Bedingungen zum Auftreten der auffallenden Wirkung des Turmalins erforderlich waren.

Erst Aepinus wies 1757 nach, daß die Erscheinungen beim Turmalin auf einer Elektrizitätsentwicklung beruhen, und er muß daher als Entdecker dieser Elektrizitätsquelle angesehen werden. Er machte diese Entdeckung in Berlin als auch Wilke daselbst war, und mit ihm in einem Hause wohnte. Den Turmalin, der beiden noch unbekannt war, erhielt Aepinus vom Bergrath Lehmann, einem geschickten Metallurgen, der später 1761 ebenfalls einem Rufe nach Petersburg folgte, und dort 1767 durch das Zerspringen eines mit Arsenik gefüllten Tiegels starb.

¹⁾ Priestley, *Gesch. d. Elektr.* S. 147, 808; *Schwed. Abhandl.* XXVIII, S. 102.

Von **Lehmann** erfuhr **Aepinus**, daß der Turmalin auf glimmende Kohlen gelegt die Eigenschaft erlange, leichte Körper anzuziehen und bald darauf wieder abzustossen. Dies veranlaßte ihn zu einer näheren Untersuchung, die ihn zu dem Resultate führte:

1) daß der Turmalin, wenn er auf beiden Seiten gleich warm sei, keine Elektrizität zeige;

2) daß er sich aber elektrisch erweise, wenn ein Ende wärmer ist als das andere;

3) daß die Enden entgegengesetzte Elektrizitäten zeigen, und das Auftreten dieser Elektrizitäten an gewisse, unveränderliche Punkte des Krystalls gebunden sei; kurz, daß der Krystall elektrische Pole habe oder bekomme.

Bei späteren Versuchen fand **Aepinus** auch noch, daß wenn man den Turmalin durchschneide, die Stücke ebenfalls polarisch sind, wie es bei einem Magneten der Fall ist.

Unterdeß hatten auch **Wilson** in London und der Herzog von **Noya Caraffa** in Paris Turmaline bekommen, und beide machten durch die Arbeit von **Aepinus** angeregt im J. 1759 Untersuchungen, welche im Allgemeinen die Beobachtungen von **Aepinus** bestätigten, in Einzelheiten aber auch von ihnen abwichen. Diese Abweichungen und Widersprüche wurden indeß bald darauf 1766 gehoben durch eine Abhandlung von **Torbern Bergman**, wodurch wir zuerst eine richtige Kenntniß von dem elektrischen Verhalten des Turmalins erhielten¹⁾. Er zeigte, daß es nicht die Wärme, die Temperatur an sich sei, welche den Turmalin elektrisch mache, sondern die Temperaturveränderung, das Erwärmen und Erkalten, und daß beim Erwärmen der eine Pol positiv, der andere negativ werde, beim Erkalten aber an denselben Polen das Umgekehrte erfolge. Dadurch erklärte er namentlich, wie **Wilson** gleiche Elektrizität an beiden Polen beobachten konnte, da sich bei seinem Verfahren der eine Pol erwärmte, der andere abkühlte.

¹⁾ Schwed. Abhandl. XXVIII, S. 58, 1766.

Kurz darauf wurden diese Eigenschaften durch Wilke weiter bestätigt und genauer untersucht¹⁾. Es zeigte sich auch bald, daß der Turmalin nicht ganz allein mit der merkwürdigen elektrischen Kraft begabt sei, sondern daß auch andere Krystalle dieselbe besitzen. Wilson fand sie 1759 am brasilianischen Smaragd, Canton 1760 am brasilianischen Topas, und zu diesen wurde dann zu Anfang dieses Jahrhunderts von dem berühmten Mineralogen Haüy noch eine große Anzahl anderer elektrischer Krystalle entdeckt.

357. Eine fünfte Elektrizitätsquelle lernte man im Laufe des XVIII. Jahrhunderts am lebenden thierischen Organismus kennen, an einigen Fischen: dem Zitterrochen *Raja Torpedo*, dem Zitteraal *Gymnotus electricus*, und dem Zitterwels *Silurus electricus*.

Der Zitterrochen, der in den Meeren des südlichen Europas lebt, war wegen der Lage dieser Gewässer der erste, an dem man die merkwürdige Eigenschaft entdeckte einen erschütternden Schlag geben zu können. Schon Réaumur spricht davon in den *Mém. de Paris* 1714, aber er ist noch weit entfernt davon in diesem Schlag einen elektrischen zu erkennen, vielmehr hielt er ihn für einen rein mechanischen, hervorgebracht durch eine sehr schnelle Muskelbewegung des Fisches. Nach und nach fing man an, in diesen Schlägen Elektrizität zu vermuthen, zumal man auch durch Reisende von den ungleich kräftigeren Erschütterungen hörte, die der in Surinam lebende Zitteraal zu geben im Stande ist. Allein es blieb eine bloße Vermuthung, und selbst die beiden schon in ihrer Gestalt so wesentlich verschiedenen Fische, der *Torpedo* und *Gymnotus*, wurden häufig miteinander verwechselt. Musschenbroek und selbst Priestley machten zwischen beiden noch nicht den gehörigen Unterschied.

Erst einem Engländer Dr. John Walsh verdankt man den Nachweis, daß die Schläge des *Torpedo* elektrischer

¹⁾ Schwed. Abhandlungen XXVIII, 95; XXX, 1, 1768.

Natur seien, und zwar durch eine Reihe von Versuchen, die er im Sommer 1772 zu La Rochelle anstellte, und in den Philos. Transact. 1773 veröffentlichte. Er leitete den Schlag durch 4 und durch 8 Personen, zeigte, daß man, um ihn zu bekommen, den Fisch an der Ober- und Unterseite berühren müsse, daß er in der Luft stärker als im Wasser sei, und daß er nicht erfolge, wenn Lack oder Glas im Schließungsbogen ist. Die Versuche von Walsh wurden bald durch Ingenhouss, Spallanzani und Anderen bestätigt, und der Anatom John Hunter zeigte auch, daß dieser Fisch zur Elektricitäts-erregung ein besonderes sehr complicirtes Organ besitze.¹⁾

Den *Silurus electricus*, der im Nil und einigen anderen afrikanischen Flüssen lebt, lernte man zuerst durch den Franzosen Broussonet näher kennen, obwohl ihn schon der Schwede Forskal auf seiner Reise in Aegypten und Arabien in den Jahren 1761 bis 1763 gesehen und unvollkommen beschrieben hatte. Der *Silurus electricus* ist bisher am wenigsten untersucht, viel besser kennt man den *Torpedo* und den *Gymnotus*, besonders seitdem dieselben mehrfach lebend nach Europa, namentlich nach Paris und London, gebracht sind.

Die Erscheinungen dieser animalischen Elektricität liegen bis jetzt noch in großer Dunkelheit, ungeachtet von Cavendish an, der sich bemühte, die Wirkung des *Torpedo* durch elektrische Flaschen nachzuahmen²⁾, bis auf den heutigen Tag vielfache Versuche zu ihrer Aufklärung gemacht sind.

Galvanismus.

358. Zu den fünf bisher genannten Elektricitätsquellen sollte nun gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts eine sechste aufgefunden werden, von welcher es sich im Laufe weniger Jahre zeigte, daß sie an Ergiebigkeit alle früheren über-

¹⁾ J. Hunter, Philos. Transact. 1773.

²⁾ Philos. Transact. 1776.

traf. Diese höchst wichtige Entdeckung war in ihren ersten Anfängen lediglich das Werk des Zufalls, welcher, wie überhaupt in den Erfahrungswissenschaften, so auch speciell in der Geschichte der Elektrizitätslehre mehr als einmal eine große Rolle gespielt hat und überall immer spielen wird, sowie er nur dem rechten Mann in die Hände fällt, der ihn mit Geist zu benutzen versteht.

Solch ein Mann war Aloys Galvani, Professor der Anatomie und Geburtshilfe an der Universität zu Bologna. Seine Gattin litt an einem Brustübel und die Aerzte hatten ihr dagegen eine Bräthe aus Froschschenkeln verordnet, wozu Galvani, im Anatomiren geübt und aus zärtlicher Sorgfalt für seine Frau, die Frösche selber zu enthäuten und zu präpariren pflegte. Eines Abends nun, wo dergleichen präparirte Frösche auf seinem Tische lagen, wollte es der Zufall, daß der Gehülfe die Spitze des Skalpells an die Kruralnerven brachte, und zugleich eine andere Person ganz ohne alle Absicht eine im Zimmer befindliche Elektrisirmaschine drehte, und Funken aus deren Konduktor zog. Augenblicklich erfolgten heftige Zuckungen des Froschpräparats.

Galvani hatte eben das Zimmer verlassen, aber seine Gattin befand sich noch darin, und sie war es eben, welche die Bemerkung machte, daß der Frosch jedesmal zuckte, wenn ein Funke aus dem Konduktor gezogen ward. Sie eilte hinaus zu ihrem Mann, um ihm die seltsame Beobachtung zu überbringen. Galvani kehrte sogleich zurück, überzeugte sich von der Richtigkeit der Thatsache, und legte sich von nun an mit großem Eifer auf die weitere Verfolgung derselben, da er in ihr die Bestätigung einer alten Lieblingshypothese von einer den Thieren eigenen Elektrizität zu erblicken glaubte.

So wurde er u. A. auch dahin geführt zu untersuchen, ob die atmosphärische Elektrizität wohl ähnlich auf das Froschpräparat wirke wie der Funke aus dem Konduktor der Maschine. Bei Gewittern fand er dies bestätigt; jeder Blitz versetzte den präparirten Frosch in Zuckungen, da-

gegen wirkte ein bloßes Wetterleuchten, oder die unsichtbare nur mit dem Elektrometer wahrzunehmende Schwankung der Luft-Elektricität, gegen seine Vermuthung gar nicht.

Zu diesen Versuchen hatte er die Frösche im Freien an dem eisernen Geländer des Balkons seiner Wohnung aufgehängt, und zwar mittelst eines Drahtes, der in das Rückenmark gesteckt und wahrscheinlich in einen herabhängenden Bindfaden gehakt war. Einst hatte er mehrere Frösche in dieser Weise aufgehängt, um ihre Zuckungen zu beobachten, aber wie lange er auch wartete, es zeigte sich nichts. Des langen Harrens endlich müde, bog er ganz absichtslos, und das ist abermals ein Zufall bei seiner großen Entdeckung, den in das Rückenmark gesteckten Metalldraht gegen das Eisengeländer, so daß ein metallischer Bogen das Rückenmark mit den äußeren das Eisen berührenden Muskeln in Verbindung setzte. Jetzt erfolgten nun wieder Zuckungen, von denen er sich bald überzeugte, daß sie mit der atmosphärischen Elektricität in gar keinem Zusammenhange standen. Er wiederholte nun die Versuche im Zimmer, belegte die Organe des Froschpräparats mit Metallplatten verschiedener Art, und konnte somit die Zuckungen nach Belieben hervorbringen.

In solcher Weise kam die große Entdeckung auf die Welt, deren Inbegriff man seitdem mit dem Namen Galvanismus belegt hat, und die Galvani selbst unter dem Titel: *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* in den Comment. Acad. scient. Bonon. 1791 bekannt machte. Als Jahr der Entdeckung wird allgemein das Jahr 1790 angenommen. Zwar hat man später zu beweisen gesucht, daß Galvani bereits seit 1780 Versuche mit Fröschen in elektrischer Hinsicht angestellt habe, allein die Richtigkeit der vorhin gegebenen Erzählung, die zu ihrer Zeit eine Stadtsage in Bologna war, und welche die Franzosen Alibert und Sue noch durch Privatnachrichten ergänzt haben, ist dadurch nicht widerlegt. Es erschien sogar in Bologna ein Sonett an Galvani, worin das Ver-

dienst der Entdeckung lediglich seiner Frau Lucia Galeazzi zugeschrieben wird:

Sie wars, nicht Du, die neue Lebenstriebe

In hautentblößter Frösche Gliedern fand.

Es ist freilich nachgewiesen, daß die Froschzuckungen in Beisein von Elektrizität längst vor Galvani beobachtet worden sind, daß in Bologna selbst ein Mitglied des dortigen Instituts Caldani bereits am 15. Nov. 1756 eine Abhandlung darüber vorlas; allein alles dieses kann Galvani's Verdienst, selbst wenn er darum gewußt haben sollte, was keineswegs erwiesen ist, durchaus nicht schmälern. Ihm bleibt immer das große Verdienst die Wichtigkeit der Thatsache anerkannt und sie zur Geltung in der Wissenschaft gebracht zu haben, und grade der Weg, den er dazu einschlug, hat wesentlich dazu beigetragen, die Augen der wissenschaftlichen Welt auf seine Entdeckung hinzulenken.

Sein Apparat bestand, wie wir sahen, aus einem Froschschenkel und einem Metallbogen. Wo liegt der Ursprung der Elektrizität, welche die Zuckungen hervorbringt, das war natürlich die erste und wichtigste Frage, die Galvani beschäftigte; liegt die Ursache im Frosch oder im Metall? Gegenwärtig wissen wir, daß die Elektrizitätsquelle in beiden liegt, und demnach seine große Entdeckung eine doppelte war.

Galvani auf seinem Standpunkt als Arzt und Anatom entschied sich für die erste Alternative, daß der Sitz der Elektrizitätserregung im Froschschenkel zu suchen sei, daß dieser gleichsam eine geladene Flasche vorstelle, welche nur durch den Metallbogen entladen werde. Alle seine späteren Versuche haben nur den Zweck diese Flaschentheorie zu unterstützen, und dadurch das Dasein der thierischen Elektrizität zu erweisen, die bei den elektrischen Fischen so mächtig entwickelt ist. Die dadurch angeregte Hoffnung, den Weg zur Beantwortung der innersten Fragen des Lebens gefunden zu haben, war es vor Allem, die nicht nur Galvani sondern die Mehrzahl der Physiker

und Physiologen des ganzen Europas für die Sache begeisterte, und zahllose Wiederholungen der Fundamentalversuche hervorrief.

Selbst Volta, schon damals eine große Autorität unter den Physikern, ging anfangs auf die Vorstellungen seines Landsmannes ein, aber nach kurzer Zeit erkannte sein scharfer und geübter Blick, daß dieselben nicht das Wesentlichste der neuen Erscheinung getroffen hatten. Geleitet zunächst durch Galvani's eigene Beobachtung der stärkeren Wirkung eines aus zwei Metallen zusammengesetzten Bogens, entwickelte sich bald in ihm bei der ferneren Untersuchung die Ansicht, daß die Quelle der Elektrizität in dem Froschversuch alleinig in dem Metallbogen liege. Er ist darin, wie wir jetzt wissen, zu weit gegangen, aber seine Ansicht war die fruchtbarere, die folgenreichere; sie mußte erst durchgearbeitet werden, ehe daran gedacht werden konnte den Ideen Galvani's nachzugehen.

Galvani vermochte mittelst seiner Theorie keine neuen Thatfachen von Erheblichkeit aufzufinden, Volta dagegen hatte in der seinigen ein Werkzeug, welches ihn schon innerhalb weniger Jahre eine wichtige Entdeckung nach der andern machen ließ, zuletzt als glänzendste von allen im J. 1800 die Konstruktion desjenigen Apparats, welcher noch gegenwärtig seinen Namen trägt, und für ihn das ruhmvollste Denkmal geworden ist.

Volta's Säule, welche die Elektrizität in Form kontinuierlicher Ströme, und zwar zuerst kennen lehrte, hat ein Feld der Untersuchung aufgeschlossen so groß und originell, wie es bis dahin die Physik noch nicht gesehen hatte. Sie bildet den würdigen Schluß der großen Reihe von Entdeckungen und Erfindungen, welche das achtzehnte Jahrhundert dem neunzehnten zum Vorbild und zur Nacheiferung hinterlassen hat.

Register.

A.

Aberration d. Lichts, nach Descartes nicht vorhanden 657 — zuerst beob. v. Hooke, erklärt v. Molineux und Bradley 719.

Chromatische Ab. v. Newton erkannt 669.

Sphärische Ab. bei d. Kugel v. Maurolykus, bei Linsen v. Keppler bemerkt 172.

Abu Giafar (Al Mansur) 57.

Abulfeda, Geograph 79.

Abulkasis, Begründer der Pharmacie 71.

Abulwefa, erkannte die Variation d. Mondes 707.

Achromasie, möglich nach D. Gregory und Euler, ausgeführt von Dollond 573 — nach Newton unmöglich 669, 671.

Acta Eruditorum 443.

Adhäsion, zw. zwei Glasplatten dem Luftdruck zugeschrieben von Descartes 309; v. Pascal 333 — Adh. v. luftfreiem Wasser u. Quecksilber in Barometerröhren beob. v. Huyghens 634 — Messg d. Adh. v. Taylor 805.

Adriaanszoon s. Metius.

Aeolipile v. Hero 16, 526 — Anwendung im Krieg 528; zur Bewegung eines Schaufelrades v. Branca 531.

Aeolsharfe, Eustathius bekannt, beschrieb. v. Kircher 437, 812.

Aepinus 879 — entdeckt d. elektr. Wirkungskreis; Erklärg d. Ladg der leyd. Flasche 880 — el. Eigenschaften d. Turmalins 895.

Aggiunti, nicht Mitglied d. Accademia del Cimento 365 — üb. Gefrieren d. Wassers; Luftwiderstand 366; Kapillarität 366, 407. Agricola 111 — führte d. Grubenkompass ein 111.

Agtstein, syn. Bernstein 33.

Akademie zu Alexandrien 346 — Ak. unter Karl d. Gr. 81, 347; Ulug-Beg 347; Accademia della Crusca 350; Acc. dei Lyncei 209, 350; Accademia secretorum naturae v. Porta 132, 349; Acad. Tiesiana 349.

Accademia del Cimento, Stiftg 350; Mitglieder 354; Inhalt d. Saggi 378 — Leopoldin. Akad. 419 — Royal Society 457 — Ak. zu Paris 460; ihre Reorganisation, Institut 463 — Soc. d'Arcueil 351; andere franz. Ak. 461. — Zeit d. Stiftg anderer Ak. 464.

Akustik, Kenntnisse darin bei Pythagoras 30; Aristoteles 31; den Arabern 77 — Nachricht über Zerschneiden von Gläsern 441 — s. Klangfiguren, Membranen, Saiten, Schall, Scheibe, Stäbe, Töne.

Albatenius, bestimmt die Excentricität d. Sonnenbahn, das Sonnenjahr u. astronom. Tafeln 77.

Albertus Magnus s. Bollstaedt.

Alchemie, Ursprung d. Wortes 62. d'Alembert, Theorie der Winde 743 — Gestalt einer schwingenden Saite 806.

Alembic, Alembroth, Ableitg 62.

Alfons X. v. Kastilien, Förderer d. Astronomie 78, 145.

- Alhazen Ben Alhazen 72 — Vorgang beim Sehen 73; Einfluß des Urtheils auf die scheinbare Größe d. Gegenstände 76 — Bau d. Auges 73 — Reflexion u. Refraktion 74 — Höhe der Atmosphäre bestimmt aus der Dämmerung 76.
- Alhazen Ben Jussuf, Uebersetzer des Ptolemaeus 72.
- Al Hakem 59.
- Alkahest, Ableitg 62.
- Alkohol, specif. Gew. u. Rektifikation mittelst Aetzkalk nach Boyle 485.
- Alkuin, gründet die Akad. Karl's d. Gr. 81, 347.
- Al Mamun 58, 79.
- Almanach, Abstammg d. Wortes 62.
- Almansur s. Abu Gifar.
- Amalgam, für die Elektrisirmasch. zuerst v. Canton benutzt 848 — Kienmayer'sches Am. 850.
- Amontons, 499 — sein Hygroskop 500; abgekürztes u. kon., Meer- und Doppel-Barometer 501, 502; berücksichtigt den Wärmeeinfluß auf d. Barometer; Ausdehnung des Quecksilbers durch d. Wärme 502 — sein Luftthermometer graduirt nach dem Siedep. d. Wassers 511 — Messg hoher Temperaturen mittelst einer am Ende erhitzten Eisenstange 513 — üb. d. Reibg fester Körper 514 — Sein Telegraph u. Feuerrad 515, 556.
- Anaxagoras, Begründer d. Atomlehre 11 — soll die Kugelgestalt der Erde erkannt haben 47 — nach ihm stammen d. Meteorsteine aus der Sonne 44 — Entstehg d. Winde 45.
- Anemometer, v. Croune, Hooke, Poleni 744; Bouguer, Pickering, v. Wolf, Martin 745.
- Anthemius, Archimedes soll die röm. Flotte durch Brennspiegel verbrannt haben 22 — Zerstörg e. Hauses durch Dampf 527.
- Antiperistasis, widerlegt v. der Acc. del Cimento 396.
- Antipoden v. Plato u. Pythagoras erwähnt 52.
- Antlia, ursprünglich ein Schöpfwerk, keine Pumpe 15.
- Apian, schlägt das Blendglas vor 199 — bestimmt die geogr. Länge aus Mondstanzan 263 — sein Planetarium 726.
- Apollonius v. Perga, Bearbeitg seiner Kegelschnitte 361.
- Aräometer, erfunden von Archimedes 14 — Die aräometr. Glasperlen v. Al. Wilson der Acc. del Cimento bekannt 384 — Gewichts-Ar. der Acc. del Cim. 385, 523; v. Fahrenheit 522, 524; v. Hooke 523; v. Feuillee, v. Nicholson 524.
- Archimedes, v. ihm die Fundamentalsätze der Statik u. Hydrostatik 13 — Erfinder d. Flaschenzugs, d. Schraube ohne Ende, der archimed. Schnecke und d. Aräometers 14 — sein Planetarium 15 — soll d. röm. Flotte durch Brennspiegel zerstört haben 21, 437 — Umfang d. Erde 49 — Uebersetzer seiner Werke 119, 120.
- Archytas, Erfinder der Rolle, Schraube und des ersten Automaten, e. flieg. Taube 12.
- Arderon, Schallfortpflanzung in Wasser 799.
- Aristarch, Größe d. Erde 49 — lehrte d. Umlauf d. Erde um d. Sonne in einem schiefen Kreis 143 — muthmaßt die Anziehung d. Himmelskörper 704.
- Aristoteles, 17 — Ansehn im Mittelalter 17, 120 — Zusammensetzung rechtwinklig zu einander wirkender Kräfte 18 — Irrige Ansichten über den freien Fall, Schwimmen u. Luftdruck 220 — Andeutg zu d. Satz v. d. virtuellen Geschwindigkeit 242.
- Nimmt beim Sehen e. Medium zw. Auge und Gegenstand an 19 — seine Kenntnisse v. d. Lichtbrechung 25; vom Regenbogen, v. Ringen um Sonne u. Mond u. d. künstl. Regenbogen bei Springbrunnen 28 — Nachricht vom Leuchten lebender Wesen u. faulender Substanzen 403 — Hypothese üb. d. Wärme 32.
- Der Schall in d. Nacht kräftiger als am Tage 31 — Längenverhältniß d. Saiten u. Pfeifen für Grundton und Oktave 31, 801 — hohe

- Töne pflanzen sich schneller fort als tiefe 301.
- Thau bildet sich nur in heiteren und stillen Nächten 42 — Regelmäßigkeit d. Winddrehg 492 — Nachricht v. Nordlicht 43; Feuerkugeln 45; Meteorstein v. Aegos Potamos 44 — Erdbeben durch d. Spannkraft der Wasserdämpfe erzeugt 526 — Meerwasser nur an der Oberfläche salzig, wird durch Destillation trinkbar 486, 487; Erwähng der Taucherkappe 439.
- Wägg der Luft 18 — Umfang d. Erde 49.
- Arrak, Wein aus Reis bei d. Chinesen 72.
- Artesische Brunnen, zuerst v. Ramazzini erwähnt 417.
- Astronomie, arabische Benennungen 77 — Tafeln v. Albatentius u. Alfons X. 78; v. Ulug-Beg 114; tabulae prutenicae v. Reinhold 147; rudolphin. Tafeln von Keppler 156, 157, 166 — Bestimmung der Polhöhe von Tycho Brahe 150 — verschied. astronom. Untersuchngen Newtons 707 — s. Erde, Gravitation, Planeten, Sonne, Sterne.
- Atmosphäre, Höhe derselben nach Alhazen 76; Riccioli 294; Boyle 477; Hooke 584 — Druck der ganzen Atm. nach Pascal 333.
- Atome, Begründer der Atomlehre im Alterthum 11 — nach Gassendi Licht, Wärme, Geruch, Geschmack, Schall aus At. bestehend 301.
- Auge, Bau dess. nach Alhazen 73 — nach Maurolykus d. Sitz. d. Sehens hinter d. Krystalllinse 130, 169; nach Keppler in d. Netzhaut 168 — Brechungsverhältniße der Flüssigkeiten im A. nach Scheiner 201 — Erklärng d. Akkommodation v. Scheiner 202; v. Descartes 315 — Mariotte findet d. Punctum coecum u. den Sitz d. Sehens in d. Aderhaut 497 — s. Sehen, Täuschg.
- Augenstrahlen, Bedeutng bei d. Alten 19.
- Automat, der erste v. Archytas 12.
- Auzout, 566 — nicht Korrespondent d. Acc. del Cim. 374 — ge-
brauchte d. Fadenkreuz im Fernrohr 566 — verfertigte s. Objektivglas v. 600 Fufs Brennweite 569, 639.
- Avicenna, 71 — Inhalt seines Canons 71.

B.

- Baco, Francis, 222 — üb. Schwere u. Bewegg 221 — Beschreibg d. Taucherglocke 439 — üb. d. Thermometer 256 — Regelmäßigk. d. Winddrehg 492.
- Baco, Roger, 83 — Ansprüche auf d. Erfindg d. Lupen, Fernröhre u. Camera obsc 85 — Bestimmung d. Brennpkts d. Hohlspiegel; Anfertigg parabol. Spiegel 85 — empfiehlt d. Kalenderverbesserg; Nachricht üb. d. Schießpulver 86.
- Bailak, Nachricht v. d. Magnetnadel 102.
- Balbi, Beschreibg der bologneser Fläschchen 414.
- Baliani, Ansprüche auf Galilei's Entdeckungen 292; sein Fallgesetz 293.
- Barometer, erfunden v. Torricelli 323 — Pascal füllt es mit Wasser und Rothwein 330; Gnericke u. Berti mit Wasser 429 — das Heberbarom. der Acc. del Cimento bekannt 389 — schiefes Bar. v. Moreland u. Ramazzini 416; abgekürztes u. konisches B. v. Amontons 501, 502; Doppelbarometer v. Descartes, Hooke, Hnyghens, Amontons 502, 583, 634; Meerbar. v. Amontons 502; v. Hooke 583; Radbar. v. Hooke 389, 583.
- Torricelli entdeckt d. Luftdruck u. dess. Verändergen 324 — Descartes soll schon den Luftdruck bei Pumpen wirksam genannt haben 309 — Beweis v. Dasein d. Luftdrucks v. Pascal 331 — Perier beob. d. Fallen des Barom. auf d. Puy de Dôme 331; ähnl. Beobachtngen an verschied. Orten 332; Versuche v. Guericke 426 — Pascal erklärt d. Schröpfen, Saugen u. dgl. durch d. Luftdruck u. berechnet d. Druck d. ganzen Atmosphäre 333 — nach d. Acc. del Cimento d. Quecksilb. im Bar.

- vom Luftdruck getragen 391 — Linus und Driberg bezweifeln den Luftdruck 332, 478.
- Die Schwankgen des Bar. nach Mariotte vom Wind herührend 492, 739 — nach Hawksbee bewirken Stürme d. Fallen des Bar. 740 — Schwankgen am Wasserbar. beob. v. Guericke 429 — Amontons erkennt den Einfluss d. Temperatur auf d. Bar. 502; desgl. Halley 509 — Ursache d. Barometerändergen nach Lister; Woodward 738; de la Hire, Halley, 739; Leibnitz 740; Mairan 741.
- Wer den Namen Bar. gegeben unbekannt 389; O. v. Guericke nannte es Wettermännchen, Sempervivum 429 — Huyghens beob. d. Anhaften v. Wasser u. Quecksilb. in Barometer-Röhren 634 — Fehler unausgekochter Röhren 503, 506; Geschichte d. Auskochens, leuchtende Bar., merkuriel. Phosphor 504; Deluc erkennt d. Ursache 506 — s. Höhenmessg, Vakuum, Wind.
- Barrow, 660 — bestimmt die Vereiniggsweite d. Strahlen bei Linsen 661.
- Bartholinus, Erasmus, entdeckt d. Doppelbrech d. Kalkspaths 653.
- Bartholinus, Thomas, Eis v. Meerwasser nicht salzig 438, 654 — Leuchten lebender Wesen u. faulender Substanzen 404, 654.
- Bartoli, Zerschneiden v. Gläsern 442.
- Baryllion, od. Hydroskopium, ein Aräometer 14.
- Bathometer, Tiefenmesser v. Cusa, Pöhler 116; v. Hooke 583.
- Beatifikation v. Bose 845.
- Beccaria, Erscheinen an Glas tafeln mit abnehmbarem Beleg 887 — üb. atmosphär. Elektr. 872.
- Becher, Leistungen in der Chemie 453 — spricht Galilei die Erfindg d. Pendeluhr zu 607, 610.
- Benedetti, 128 — üb. d. Centrifugalkraft u. d. Momente verschiedener gestalteter Hebel 128.
- Bennet, sein Goldblattelektrometer 876, 889 — sein Duplikator 889.
- Benzenberg, Abstand d. Planeten v. d. Sonne 161 — beweist die Axendrehg d. Erde durch Fallversuche 698 — Einfluss d. Temperatur auf d. Schallgeschwindigk. 796.
- Berge, Höhe d. B. nach Eratosthenes u. Ptolemaeus 53 — Wirkg auf d. Pendel nach Newton 707, auf d. Senkblei nach Bouguer u. Condamine 785.
- Bergman, elektr. Eigenschaften d. Turmalins 896.
- Bernoulli, Daniel, 607 — Wirkg schwingender Pendel auf einander 615 — barometr. Höhenmessg 738 — Verminderg d. Seitendrucks v. Flüssigkeiten durch deren Bewegg 740 — üb. schwingende Saiten 806; schwingende Stäbe 824.
- Bernoulli, Jakob, 606 — Eigenschaften d. Brachystochrone 606.
- Bernoulli, Johann, 606 — d. Cykloide e. Brachystochrone 605 — Gestalt e. schwingenden Saite 806.
- Bernstein, Bedeutg in verschied. Sprachen 32 — die Anziehungskraft d. gerieb. B. schon Thales bekannt 32.
- Berthoud, nennt Borgen als Erfinder d. Pendeluhr 611 — Einfluss e. schwingenden Pendels auf ein benachbartes 615.
- Bertus (Berti), verfertigt e. Wasserbarometer 429 — Schallversuche im Vakuum 431.
- Bevis, 859 — belegt elektr. Flaschen mit Zinnfolie 858 — d. Lichtbrech im Boraxglase stärker als im Krystallglas 859.
- Bewegung, Arten derselben nach Aristoteles 218; F. Baco unterscheidet 19 Arten 221 — die beschleunigte Bew. entsteht nach d. Aristotelikern durch d. Wirkg d. Luft 220; Ansicht v. Galilei 223, 226. — Theorie d. Bew. v. Descartes 308.
- Bianconi, 796 — Einfluss d. Temperatur auf d. Schallgeschwindigk. 795.
- Bilanzetta v. Galilei, e. hydrostat. Schnellwage 245.
- Blasco de Garay, will Schiffe durch Dampf bewegt haben 529.
- Blendgläser, vorgeschlagen von Apian; farbige v. Scheiner 199;

- Hooke benutzte d. Spiegelg, Fabricius Wolken 570.
- Blitz, bei d. Alten d. Lorbeer a. Schutzmittel gegen d. Bl. 38 — d. elektr. Natur erkannten Wall u. Winkler 834, 864; nachgewiesen v. Dalibard u. Delor 865; v. Franklin 866; v. Canton 874.
- Blitzableiter, ob bei d. Alten, zweifelhaft 38; desgl. bei Indern u. Chinesen 39 — Bl. v. Franklin 864; in Deutschland d. ersten Bl. in Europa 867 — zweckmäßigste Form 868.
- Bohnenberger, Anwendg d. Reversionspendels 620.
- Bollstaedt, A. v. (Albertus Magnus), 82 — Nachricht v. Schießpulver 86 — kennt das Leuchten erwärmter Diamanten 404.
- Bologneser Fläschchen, beschrieben v. Balbi 414.
- Bombelli, Leistungen in d. Mathematik 127.
- Borelli, 354 — v. ihm d. Heliostat 354 — erklärt die Bewegg d. Himmelskörper durch ihre gegenseit. Anziehg 355 — üb. Kapillarität 408; diese nicht v. Luftdruck bedingt 410; Oberfläche d. Wassers um schwimmende Holz- u. Metallplättchen 409 — Schallgeschwindigkeit. 401.
- Borgen (Bürgi, Byrg), 611 — erfand d. Logarithmen; nach Berthoud auch d. Pendeluhr 611.
- Borrich, 484 — Wasser kein einfacher Stoff 484.
- Bose, 845 — v. ihm d. Konduktor d. Elektrisirmasch. u. die Beatifikation; entzündet Pulver durch d. el. Funken; Electric. ändert nicht d. Gewicht d. Körper 845.
- Bouguer, 738 — barometr. Höhenmessg 738 — sein Windmesser 745 — Gradmessg in Quito 760.
- Boyle, 466 — Verbesserg d. Luftpumpe 470; ältere u. neue Versuche damit 475 — findet d. Mariotte'sche Gesetz 477 — seine Kompressionspumpe 474 — verbessert d. Windbüchse 480; d. Manometer (Baroskop) 482.
- Wärmeerregg beim Reiben im Vakuum u. bei chem. Verbindg 476 — Einfluss d. Luftdrucks auf d. Sieden 480 — Versuche d. Licht zu wiegen; Lichtbrechg u. Dichte d. Körper nicht proportional; Farben d. Körper u. Seifenblasen 481 — üb. Phosphorescenz 482; Leuchten gerieb. Diamanten im Dunkeln 833; elektr. Anziehg im Vakuum 475, 833; Einfluss d. Oberfläche d. Körper auf ihre elektr. Erregg beim Reiben 833.
- Specif. Gew. v. Luft u. Quecksilber 476 — Verdunstg d. Eises 480; Ausdehnung d. Wassers beim Gefrieren; Elasticität d. Wassers; specif. Gewicht d. Eises 481 — Wasser a. zusammengesetzter Körper 484; Zusammensetzg d. Meerwassers 486 — Die Elemente d. Aristoteles nicht einfach 483 — Absorpt. d. Luft durch geschmolzene Metalle 481 — Entdeckg d. Phosphors 482 — Darstellg v. Wasserstoff, Kohlensäure, Holzgeist u. Holzsäure; Liquor fumans Boylei; Rektifikation d. Weingeistes durch Aetzkalk 485 — Nichtexistenz d. posit. Leichtigkeit 476.
- Brachystochrone s. Cykloide.
- Bradley, 721 — entdeckt d. Aberration d. Lichts 720; die Nutation 721 — muthmaßl. d. Bewegg d. Sonnensystems 721.
- Brahe s. Tycho.
- Branca, will Schaufelräder durch Dampf bewegen 631.
- Brand, Entdecker d. Phosphors 405.
- Breite, geographische, Tycho's Bestimmung durch d. Polhöhe 150; Gilbert's durch d. magnet. Inklination 281.
- Brennglas s. Linsen.
- Brennlinien, Andeutungen davon bei Maurolykus 130 — Untersuchg d. Br. v. Tschirnhausen; v. Jak. Bernoulli die Namen Dia- u. Katakaustika 445.
- Brennpunkt s. Linsen.
- Brennspiegel s. Spiegel.
- Brillen, angebl. erfunden v. Salvino degli Armati 94; d. Name v. Beryll 95.
- Brunnen s. artesische.
- Buchdruckerkunst, erfunden v. d. Chinesen 112.

Bürgi, Byrg s. Borgen.
 Buono, Candido del, 356 — Wasser-
 uhr, Messg d. Kompression v. Luft
 u. Flüssigk., Durchmesser d. Sa-
 turns 356.
 Buono, Paolo del, 357 — Linse aus
 Eis u. aus Diamant 357 — künstl.
 Ausbrüten v. Kiern 357.
 Burattini, üb. d. Spiegelteleskop
 zu Ragusa 180 — füllt hohle Lin-
 sen mit e. Flüssigkeit 377.
 Burroughs, Verzeichniß d. bekann-
 ten magnet. Deklinationen 274.

C.

Cabeo (Cabaena), 286 — vermehrt
 d. Zahl der durch Reibg elektr.
 Körper; üb. Magnete; Ebbe u.
 Fluth 286.
 Cabot, angebl. Entdecker d. magnet.
 Deklination 271.
 Camera obscura, angebl. erfund.
 v. Baco 85; v. Dom Panunco 135
 — erwähnt v. Leon. da Vinci 113;
 v. Ignatio Danti 135; beschrieben
 v. Porta 135 — Cam. obsc. v.
 Hooke 582.
 Campani, verbessert d. Fernröhre
 376.
 Camus, 788 — Gradmessg in Lapp-
 land 763.
 Canton, 874 — komprimirt d.
 Wasser; sein Leuchtstein 405, 874
 — magnetisirt Stahl durch d. Erd-
 magnetismus 874 — wendet zuerst
 Zinnamalgalam beim Reibzeug an
 848 — bestätigt die elektr. Natur
 d. Blitzes 874 — Versuche üb. d.
 Vertheilg d. Elektr. 877 — die in
 e. gerieb. Körper erregte Elektr.
 v. d. Natur des reibenden ab-
 hängig 876 — elektr. Eigenschaf-
 ten d. brasil. Topases 897 — sein
 Korkkügelchen-Elektrometer 875.
 Carbunculus, zieht gerieben nach
 Plinius leichte Körper an 84.
 Cardano 122 — berücksichtigt d.
 Luftwiderstand beim Wurf; benutzt
 d. Pulsschläge zur Zeitmessg; Ge-
 schwindigk. d. Windes; Dichte der
 Luft u. a. Körper; Anwendg d.
 Mathematik in d. Medicin 123 —
 Vorgang bei d. Verbrenng 123 —
 bei d. Auflösg d. Gleichungen d.
 3. Grades ohne Verdienst 124.

Cartesianischer Taucher 316.
 Cascariolo, Entdecker d. bolognes.
 Leuchtsteins 404.
 Casreo, Messg d. Stofses 326.
 Cassegrain, sein Spiegelteleskop
 575.
 Cassini, Domenico, 578 — entdeckt
 vier Saturnmonde 580 — Tafeln
 üb. d. Jupitermonde 579 — Um-
 drehungszeit v. Jupiter, Mars u.
 Venus 580, 581 — Abplattg d.
 Jupiter 705 — beob. d. Zodiakal-
 licht 581; die Bewegg d. Fixsterne
 in Länge 719; muthmaßt d. Be-
 wegg d. Sonne 719 — Grad-
 messg 756.
 Cassini, Jacques, 579, 780 — Grad-
 messgen 757, 759 — Vorschlag zu
 e. Normalmaße 774.
 Cassini de Thury, 579 — Revision
 d. Gradmessg in Frankreich 764
 — Generalkarte v. Frankreich 781
 — Bestimmg d. Schallgeschwin-
 digk. 795 — üb. d. Auskochen d.
 Barometer 506.
 Cassius'scher Goldpurpur 454.
 Castelli, 319 — sein Helioskop;
 Bewegg d. Wassers in Flüssen 319.
 Caus, Salomon de, seine Nationa-
 lität 445 — sein Thermometer 259
 — Vorrichtg z. Wasserheben 447.
 Cavalieri, 335 — bereitet d. Infini-
 tesimalrechnung vor 336 — be-
 stimmt d. Brennweite d. Linsen 338.
 Cavallo, üb. atmosphär. Elektr.
 872 — sein Donnerhäuschen 868.
 Cawley s. Newcomen.
 Celatone, Testiera, v. Galilei 211.
 Celsius, Stunden d. tägl. Variation
 d. magnet. Deklin. 727 — Grad-
 messg in Lappland 763.
 Centrifugalkraft, Ansicht darüb.
 v. Benedetti 128 — Untersuchg
 d. C. v. Huyghens 621; Newton 705.
 Centrifugalpendel s. Pendel, ko-
 nisches.
 Chappe, sein Telegraph 583.
 Chemie, Ursprung d. Wortes 61
 — Geber's Kenntnisse in d. Ch.
 66 — nach Plato verlieren d. Me-
 talle etwas beim Rosten 69 —
 Boyle spricht bei d. Oxydat v. d.
 Schwere d. Feuers 481 — Rhases
 führt chem. Präparate als Heil-
 mittel ein 70 — die Reaktion d.

- Säuren u. Basen auf Lackmus der Acc. del Cimento bekannt 401 — Wärmeerregg durch d. chem. Process nach Boyle; Aetzkalk und Wasser erhitzen sich auch im Vakuum 476 — Boyle bestreitet d. Einfachheit d. 4 aristotel. Elemente 483 — Hartmann erster angestellter Prof. d. Chemie in Marburg 450 — Libau, Verf. des ältesten Handbuchs d. Chemie in Deutschland 451 — s. Becher, Boyle Destillation, Kunckel, Libau, Metalle, Neri.
- Chinesen, vor den Europäern bekannt mit Schießpulver 88; Kompass 103; Buchdruckerkunst und Papier 112.
- Chladni, 827 — Feuerkugeln stammen aus d. Weltraum 753 — üb. Zerschneiden v. Gläsern 442 — Entdecker d. Longitudinalschwinggen 825; der drehenden Schwinggen u. Klangfiguren 826 — Gränze d. Hörbarkeit 820 — Schallgeschwindigkeit in festen Körpern 825; in Gasen 827 — Euphon u. Clavicylinder 828.
- Chlorzinn, flüchtiges, Spiritus fumans Libavii 451.
- Chronometer v. Harrison 734.
- Clairault, 789 — Bestimmung d. Erdgestalt aus Pendelbeob. 779 — erste Theorie d. Kapillarität 791 — Gradmessg in Lappland 763.
- Clavius, läugnet d. Jupitermonde 208.
- Clement, Erfinder d. Ankerhemmg 605, 728.
- Cohäsion, Compress., Condensat. unter K.
- Columbus, beob. d. Ungleichheit d. magnet. Deklinat. an verschied. Orten 270.
- Commandino, übersetzt griech. Mathematiker 119.
- Condamine, 784 — Gradmessg in in Quito 760 — Beob. d. Magnetnadel u. Pendellänge zu Para; Anziehg d. Berge auf d. Senkblei; Schallgeschwindigkeit. zu Quito u. Cayenne 785, 796.
- Copernicus s. Kopernikus.
- Coulomb, 890 — seine Torsionswaage 891; Theorie d. Elektr. 893.
- Cramer, üb. Schallgeschwindigkeit. nach Theorie u. Erfahrg 796.
- Cunaeus, Erfinder der leydeners Flasche 852.
- Cunningham, Beob. üb. magnet. Inklination 724.
- Cusa s. Nikolaus.
- Cykloide, Untersuchg v. Roberval 328; v. Pascal 334 — nach Huyghens die C. e. Tautochrone 603; nach Joh. Bernoulli auch e. Brachystochrone 605 — s. Uhr.
- Cysatus, 302 — beob. d. Vorübergang d. Merkurs vor d. Sonne, den Orionnebel, 2 Saturnmonde u. teleskop. Kometen 302.

D.

- Dämmerung, diente Alhazen zur Bestimmung d. Höhe d. Atmosphäre 75.
- Dalencé, Principien für e. richtige Thermometerskala 516.
- Dampf, v. Wein, Meerwasser u. ähnl. giebt nach Aristoteles nur Wasser 487 — Erdbeben entstehen nach Aristoteles durch Dampfspanng 526 — D. nimmt nach Moreland 2000 mal mehr Raum ein als das ihn liefernde Wasser 541; Versuch darüb. v. Porta 530.
- Dampfkugel s. Aeolipile.
- Dampfmaschine, Anwendung d. Dampfs zur Aeolipile v. Hero 16, 526; im Kriege 528; zum Sprengen e. Hauses v. Anthemius 527; zur Bewegg e. Schaufelrades v. Branca 531; e. Schiffes v. Blasco de Garay 529; zur Dampforgel 81, 528; beim Bergbau 529; zum Wasserheben von de Caus 447; v. Porta 530 — Der Bratenwender v. Scappi durch Rauch bewegt 529; die Feuermühle v. Amontons durch heisse Luft 515, 556.
- Dampfmasch. v. Worcester 534; v. Savery 543; v. Papin 549, 556; v. Newcomen u. Cawley 552 — Moreland's Verdienste nichtig 541 — Hautefeuille e. Vorgänger Papin's 549 — Humphry Potter erfindet d. Steuerung 555.
- Dampforgel, Dampfpeife v. Gerbert 81, 528.
- Dampfschiff v. Papin 550.

- Danti, kennt d. Camera obs.; übersetzt Euklids *Perspectiva* 135; wirkt mit an d. Kalenderreform 136.
- Dati, angebl. Mitglied d. Acc. del Cimento 366.
- Dechales s. Deschales.
- Decimalsystem empfohlen v. Stevin 249; durchgeführt in Frankreich 772.
- Deklination s. Magnetismus tellur.
- De la Hire s. La Hire.
- Delambre, Gradmessg. in Frankreich 767.
- Deluc, Nothwendigk. Barometer auszukochen 506.
- Demiscianus, v. ihm d. Namen Mikroskop u. Teleskop 197.
- Derham, 746 — Geschwindigk. d. Windes 746; Einfluß dess. auf d. Schallgeschwindigk. 793; Schallgeschw. in horizontaler u. aufsteigender Richtg, Einfluß d. Witterg auf d. Stärke d. Schalles 794 — Ermittelt d. Entfernung d. Gewitters aus d. Zeit. zw. Blitz u. Donner 795 — üb. Quellen u. Regenmenge 743, 749.
- Desaguliers, 844 — Versuche üb. d. Widerstand d. Luft 709 — v. ihm d. Namen Orreries für Planetarien 726; desgl. elektr. Leiter u. Nichtleiter 844.
- Descartes (Cartesius), 305 — Theoried. Bewegg d. Himmelskörper 307; d. Schwere, d. Ebbe u. Fluth, d. Stosses 308 — soll den Luftdruck als Ursache d. Steigens d. Wassers in Pumpen bezeichnet haben 309 — Cartesianischer Taucher 316 — Ursprung d. Quellen 747 — Bewegg verschieden gestalteter Pendel 617.
- Ansicht v. Licht 312, 315; hält dessen Fortpflanzg für instantan 657 — Erklärg d. Spiegelg u. Brechg 312; seine Formel für d. Brechungsgesetz 312 — üb. d. Auge u. das Sehen 315 — Erklärg d. Regenbogens 309, 313; der Höfe u. Ringe durch Eisnadeln in d. Luft 496, 641 — Entstehg d. Farben 315 — Anfertigg hyperbol. Linsen 315.
- Verdienste um d. Mathematik 316.
- Deschales, 298 — beob. Inflexionsfarben 299 — Beschreibg d. *Laterna magica* 136 — Fallversuche 299 — Gesetz d. Luftwiderstandes 299, 708 — Berichtigg d. Sätze v. Descartes üb. d. Stofs 309, 630.
- Deshayes, beob. d. Verlangsamg d. Pendelschwingg im trop. Afrika u. Amerika 627.
- Despretz, Gränze d. Hörbark. 820.
- Destillation, Aristoteles wußte, daß d. Dämpfe v. Meerwasser, Wein u. a. m. nur Wasser geben 487 — Destillirapparat v. Synesios 68 — Die Dest. d. Weins den Griechen d. IV. Jahrh. u. Abulkasis bekannt 71; Dest. d. Branntweins u. Terpentins v. Marcus Graecus erwähnt 87.
- Diamant, in Florenz u. Wien verbrannt 444, 445 — Leuchten erwärmter D. beob. v. Bollstaedt 404; bei gerieb. D. v. Boyle 833 — Linsen aus D. 357 — Die Brennbark. v. Newton aus d. Lichtbrechg gefolgert 635.
- Diffusion, entdeckt v. Nollet 870.
- Digge, Anspruch auf d. Erfindg d. Fernrohrs 178.
- Dioskorides, 62 — erwähnt a. Sublimirapparat 62, 68; Darstellg v. Trinkwasser auf d. Meer durch hygroskop. Wolle 388.
- Dissonanz, Ursache 813.
- Divini, Beob. üb. d. Saturn 372, 375. — Verbeeserg d. Mikroskops 374; d. Fernrohrs 375.
- Dörffel, 449 — d. Bahn d. Kometen v. 1680 e. Ellipse 449.
- Dominis, üb. d. Regenbogen 310.
- Doppelmaier, nicht durch d. leyd. Flasche getödtet 872.
- Drebbel, 259 — Anspruch auf d. Erfindg d. Thermometers 257; d. Mikroskops 260 — Maschinen v. ihm 260.
- Drieberg, läugnet d. Luftdruck 332, 478.
- Druckpumpe, v. Ktesibios 15.
- Dufay, 840 — machte Barometer leuchtend durch Auskochen 505 — elektr. Funken aus Menschen 842 — benutzt d. Divergenz zweier Fäden zur Erkennng d. el. Zustandes a. Stange 842 — nur schlechte

Leiter werden durch Reiben elektr. 341 — el. Körper ziehen unelekt. an, und stoßen sie nach Mittheilg d. Elektr. ab; entgegengesetzte Elektr., Harz- u. Glas-El. 843 — jeder Körper enthält zwei el. Materien 843, 883.
 Duplikator v. Bennet 889.
 Dutens, schreibt d. meisten Entdeckgen den Alten zu 11.

E.

Ebbe u. Fluth, älteste Nachrichten darüber v. Pytheas 53; v. Strabo 54 — Kepler erklärt sie aus d. Anziehg d. Mondes 163; desgl. Stevin 243; Galilei aus d. Schwingkraft d. Erde 243; Cabeo aus spirituellen Flüssigkeiten 286; Furnerius als e. Geheimniß der Natur 286; Fabri durch d. Luftdruck 374 — Theorie v. Descartes 308; v. Newton 707.
 Edrisi, seine Völker- u. Länderkunde 78.
 Eier, künstl. Ausbrütg 357, 380.
 Eis, Ausdehnung d. Wassers beim Gefrieren nach Galilei u. d. Acc. del Cimento 394; nach Aggiunti 366; Boyle 481 — Verdunstg u. specif. Gew. des E. nach Boyle 480 — Versuche mit E. im Brennpkt a. Hohlspiegels 395; Rauch d. Eises 396 — Brennspiegel aus E. 498; Linsen daraus 357 — s. Wasser.
 Eisenschmidt, Abnahme d. Grade v. Süden nach Norden 757.
 Ekphantus, lehrt d. Axendrehg d. Erde 143.
 Elektrizität, Bedeutg 32; d. Name v. Gilbert 832 — Kenntniß d. el. Eigensch. d. Bernsteins bei Thales 32; d. Lynkurions bei Theophrast 33 — Nachweis vieler elektrisirbarer Körper durch Gilbert 830; durch Cabeo 832 — Metalle u. Feuchtigkeits nicht elektrisierbar nach Gilbert 831 — d. Einfluß d. Oberfläche dabei nach Acc. del Cimento 832; Boyle 833 — nach Dufay nur schlechte Leiter beim Reiben elektr. 841 — Die Wirkg der El. nach Gray nur v. d. Oberfläche, nicht v. d. Masse d. Körper abhängig 840 — Gray elektrisirt leb. Menschen

839; desgl. Dufay 842; Gray elektrisirt Wasser 839 — Elektr. vermehrt nach Bose nicht d. Gewicht d. Körper 845 — Boyle beob. d. el. Anziehg im Vakuum 475, 833 — Gray beob. die Fortpflanzg d. El. durch d. Vakuum u. durch Magnete 840 — Geschwindigk. der El. nach Le Monnier u. Watson 857 — Hopkinson entdeckt d. Spitzenwirkg 865 — Medicin. Anwendung d. El. 872 — Unterschied zw. El. u. Magnetismus nach Gilbert 831.

Gilbert kennt nur Anziehg d. El. 831; Guericke findet d. Abstoßg 833 — Dufay beob., daß unel. Körper von el. angezogen u. nach Mittheilg d. El. abgestoßen werden; entdeckt die entgegengesetzten El. 843 — Lichtenberg giebt d. Namen posit. u. negat. El. 883 — nach Canton kann derselbe Körper + u. — el. werden 876 — nach Franklin werden beide gerieb. Körper el. und zwar entgegengesetzt 862 — Elektr. Reihe v. Wilke 882.

Ältere Ansicht üb. el. Atmosphäre 877 — El. Wirkungskreis v. Aepinus 880 — Theorie d. El. v. Franklin 862; v. Symmer 881; v. Coulomb 893 — Untersuchung v. Poisson 893.

Elektrizität, animalische, d. Schläge v. Zitterrochen kennt Réaumur, ihre el. Natur ermittelt Walsh, das el. Organ Hunter 897.

Elektrizität, atmosphärische, Kenntniß dav. bei d. Alten 34 — Forschgen v. Franklin, Le Monnier u. A. 870 — elektr. Drachen v. de Romas 870; v. Franklin 866 — Canton findet d. Wolken entgegengesetzt elektr. 874 — s. Blitz, Elmsfeuer.

Elektrizität-Erregung, beim Erstarren geschmolz. Körper beob. v. Wilke 894.

Elektrizität, galvanische, entdeckt v. Galvani 899; Erklärg v. Galvani 901; v. Volta 902 — Volta'sche Säule 902.

Elektrizität, Leitung, entdeckt v. Gray 837 — die Namen Leiter

- und Nichtleiter v. Desaguliers 844 — nach Dufay werden nur schlechte Leiter durch Reiben elektr. 841 — die Leitungsfähigk. der Flamme beob. von d. Acc. del Cimento 401, 832; v. Priestley 886; d. lebenden Menschen v. Gray 839; v. Dufay 842; d. Eises u. glüh. Glases v. Priestley 886.
- Elektricität, Pyro-El. Untersuchung d. Turmalins v. Aepinus 895; v. Wilson, Caraffa, Bergman 896 — Untersuchung d. brasil. Smaragds v. Wilson; d. brasil. Topases v. Canton; anderer Krystalle v. Hauy 897.
- Elektricität, Vertheilung, die Vorstellung v. d. el. Atmosphäre nach Canton unzureichend 877 — jeder Körper wird nach Wilke in d. Atmosphäre eines el. entgegenges. elektrisch; Aepinus folgert daraus d. el. Wirkungskreis 880 — Versuch v. Newton mit e. gerieb. Glastafel 693, 834.
- Elektrische Apparate, d. el. Spitzenrad (Flugrad), Glockenspiel, el. Fontäne v. Gordon 846; Windrad v. Wilson 860; Donnerhäuschen v. Cavallo 868; Lane's Auslader 876.
- Verstärkungsflasche erfunden v. Kleist 851; v. Cusäus 852; Nollet nannte sie leyden'sche Fl. 852; erkannte d. Nutzen d. Wassers darin; auffallende Versuche 855 — Le Monnier erkennt die Nothwendigk. die Außenseite beim Laden abzuleiten 856 — Bevis belegt die Flasche mit Zinnfolie, Watson mit Silberfolie 858 — Watson zog während d. Ladens Funken aus d. Außenbeleg 859 — Wilson findet d. Gesetz der Anhäufg d. El. auf beiden Seiten d. Flasche 860; nach Franklin die El. innen und außen entgegengesetzt 861 — Theorie d. Fl. v. Franklin 862; v. Aepinus 880.
- El. Batterie v. Winkler 854; v. Gralath 855 — Kaskadenbatterie v. Franklin 863 — Einschaltg langer Leitungen in d. Schließg v. Le Monnier 856; v. Watson 857; will die Geschwindigk. d. El. da-
- mit finden 857 — Gralath entdeckt d. Ladungsrückstand 855 — die Tödtg Doppelmaier's durch d. leyd. Fl. unwahr 872.
- Elektrische Figuren, Lichtenberg'sche 883; Priestley'sche Ringe 886.
- Elektrisches Licht, d. Leuchten v. gerieb. Schwefel beob. Guericke 434, 833; v. gerieb. Diamanten Boyle 833; d. Leuchten im barom. Vakuum (mercurial Phosphor) erkannte Hawksbee als elektr. 834 — Leuchten beim Reiben v. Katzen u. Amalgam 836, 842.
- Elektr. Funken beob. zuerst v. Wall 834; stärkere v. Hawksbee 835 — Dufay zog Funken aus elektr. Menschen 842 — Bose entzündete durch d. el. Funken Schiefspulver 845; Ludolf Schwefeläther; Gralath e. Licht; Gordon u. Winkler Weingeist 847; Watson Weingeist mit d. Funken aus einer durch d. Fluß geführten Leitg 857.
- Elektrische Pausen, v. Groß 869.
- Elektrisirmaschine, erste von Guericke 433, 833; ähnl. Vorrichtg v. Hawksbee 835 — anfangs wurden Glasröhren gerieben 836, 844; Hausen benutzt eine mittelst Rad gedrehte Glaskugel 845; Gordon e. Glaszylinder 846; Bose fügt d. Konduktor zu 845; Wilson d. Kollektor 848; Giesing d. Reibzeug 846; Canton überzieht dieses mit Amalgam 848; Kienmayer'sches Amalgam 850; Watson u. Wilson geben d. Reibzeug e. Ableitg 861 — Verbesserng d. Masch. v. Winkler 846; Noothe bekleidet d. Cylinder mit Wachstaffet 848 — Masch. v. Nollet 847; v. Watson 848 — Scheibenmasch. v. Planta 849 — Masch. v. Cathbertson im Teyler'schen Museum 850 — Ersatz des Glases durch andere Substanzen 850.
- Elektrometer, Elektroskop, Gray u. Dufay beob. das Divergiren benachbarter el. Fäden 842, 875 — Nollet benutzt zur Messg die Divergenz d. Fäden, Waiz Gewichte, Ellicott u. Gralath d. Wage 875 — Korkkugeln - Elektrom.

- .v. Canton; Quadrant-El. v. Henley 875; Strohalm-El. v. Volta; Goldblatt-El. v. Bennet 876; Vervollkommnung d. El. durch Volta, Sausure, Bennet 889 — Bennet's Duplikator 889.
- Elektrophor, ähnl. Vorrichtgen v. Symmer u. Beccaria 886 — El. v. Volta 887 — Wilke's Verdienste um d. El. 888.
- Elektroskop s. Elektrometer.
- Ellicott, beob. bei benachbarten ungleich schwing. Pendeln e. Ausgleich 615 — Messg d. el. Anziehgs durch e. Wage 875.
- Elmsfeuer, Nachrichten darüb. bei d. Alten 35.
- Emissionstheorie s. Licht.
- Epicur v. Eudoxus 144.
- Epikur, Förderer d. Atomlehre 11 — Hypothese üb. d. Wärme 32.
- Eratosthenes, seine Gradmessg 49 — Messg d. Berghöhen 53.
- Erdbeben, entstehen nach Aristoteles durch Dämpfe 526.
- Erde, Ansichten d. Alten üb. ihre Gestalt 46; ward zu Plato's Zeit für kugelförmig gehalten 47 — Eintheilg d. Erdkugel 51; Erklärng d. Jahreszeiten bei d. Alten 52.
- Umfang d. E. nach Aristoteles u. Archimedes 49 — Gradmessg v. Eratosthenes 49; Posidonius 50; unter Al Mamun 79; v. Fernel 624; Snell, Norwood, Riccioli, Picard 625; Cassini 756; Zusammenstellg v. Eisenschmidt 758; französ. Messung in Quito 760; in Lappland 763; schwed. Messung 763; neue Messg in Frankreich 767, 776; Messg in England 770; in Ostindien 776 — Gröfse des nördl. Erdquadranten 770 — Längengradmessg v. Cassini 759, 781.
- Nach Huyghens die E. nicht kugelförmig 628; Abplattg e. nassen rotirend. Thonkugel 629 — Gröfse d. Abplattg nach Huyghens 628, 754; Newton 705, 754; Hermann 777; Maclaurin, Clairault, Maupertuis 779.
- Die Axendrehung d. Erde behaupteten Heraklides, Ekphantus, Niketas 143; Bibelstellen dagegen 151 — de Cusa erkannte d. Drehg d. Erde 115 — Lehre d. Kopernikus 142 — nach Grandami d. magnet. Eigenschaften d. Erde e. Beweis gegen ihre Drehg 282 — Tycho will d. Drehg durch Fallversuche ermitteln 151, 697 — Fallversuche v. Hooke 585, 693; v. Gassendi 303; Guglielmini, Benzenberg, Reich 698.
- Den Umlauf d. Erde um d. Sonne in e. schiefen Kreis lehrte Aristarch 143; Kopernikus 142 — s. Geographie, Meter, Weltsystem.
- Eudoxus, Urheber d. Epicur 144.
- Euklid, 23 — seine Kenntnisse v. d. Lichtreflexion 23; v. d. Tonverhältnissen 801 — Uebersetzgen seiner Schriften 119.
- Euler, Anhänger d. Undulationstheorie 645; Erklärng d. Farben 680 — seine Mondtheorie erhält den Preis 735 — Geschwindigkeit des Schalles 796; Gestalt schwingender Saiten 806, 823; transversale Schwingen d. Stäbe 824; absolutes Tonmala aus d. Taylor'schen Formel 818; Gränze d. Hörbarkeit 819.
- Eustathius, Verbrennung der röm. Flotte durch Archimedes 22 — kennt d. Aeolsharfe 437.

F.

- Fabri, 371 — mißglückter Versuch die Kirche mit d. kopernik. Lehre auszusöhnen 372 — gegen Huyghens üb. d. Saturn 372, 375 — Erklärng d. Himmelsbläue; Betrachtg e. Nadel durch e. kleine Oeffng 373; üb. Kapillarität 373, 410 — Ebbe u. Fluth e. Wirkg d. Mondes u. Luftdrucks 374 — erklärt d. Kohäsion durch Häkchen 374.
- Fabricius, David, astronom. Entdeckgen 200.
- Fabricius, Johann, entdeckt die Sonnenflecke 200.
- Fadenkreuz s. Mikrometer.
- Fahrenheit, 517 — verfertigt übereinstimmende Thermometer; sein Quecksilberthermom. 518; Thermobaromet. 521; Gewichtsbarometer 522 — der Siedepkt d. Flüssigkeiten v. Barometerstand abhängig

- 521 — Wasser flüssig unter d. Gefrierpkt 522.
- Fall, d. Beschleunigg nach d. Aristotelikern eine Wirkg d. Luft 220; nach Galilei der Schwerkraft 226; Galilei's Fallgesetze 226, 228; F. auf d. schiefen Ebene 230 — Fallversuche v. Riccioli 295; Deschales 299; Ariaga 296 — Chiaramonti bemerkt d. Abnahme d. Beschleunigg 296; Versuche darüb. von Mariotte 495 — Gassendi für Galilei's Fallgesetze 304; desgl. Fermat 318.
- Fallversuche können nach Tycho u. Newton üb. d. Axendrehg d. Erde entscheiden 151, 697 — Versuche v. Hooke 585, 698; Gassendi 303; Guglielmini, Benzenberg, Reich für Newton 698.
- Farben, Aristoteles u. Vitello nehmen drei F. an 92; Hooke zwei 589, 671, 680; desgl. Huyghens 672 — Erklärung d. F. v. Kepler 169; Descartes 315, 679; Grimaldi 344; Boyle 481; Newton 668, 676; Euler 680.
- Physiologische F., beob. v. Kircher u. Bonacursius 435; von Mariotte 496.
- F. dicker Blätter, Erklärng v. Newton 688.
- F. dünner Blättchen, beob. an Seifenblasen v. Boyle 481; an verwittert. Fensterscheiben v. Breton 674; an Glimmer v. Hooke 587 — Newton's Untersuchg 674; Erklärng d. Newton'schen Ringe durch Anwandlgcn (Fits) 676.
- Ferdinand II., Großherz. v. Toskana, verbeas. d. Thermometer 379 — sein Hygrometer 387, 388 — künstl. Ausbrütg v. Eiern 380.
- Fermat, 316 — Licht nimmt immer d. Weg d. kürzesten Zeit 317 — für Galilei's Fallgesetze; richtige Ansicht v. d. Schwere 318 — Methode d. Minima u. Maxima 317.
- Fernel, Gradmessg zw. Paris und Amiens 624.
- Fernrohr, Idee dazu von R. Baco 85, 177; Fracastoro 127; Porta 134, 181 — Ansprüche auf d. Erfindg v. Digges 178; Metius 183; Lippershey 185; Jansen 187; Fontana 196; v. d. Teufel 178 — andere Ritzhölgen 189.
- Anfertigg d. F. v. Galilei 206 — Kepler's F. ausgeführt von Scheiner 199; Vorzüge dess. 173, 194; andere Konstruktionen von Kepler 173 — Erdfern. v. Rheita 196 — Binokularfern. v. Lippershey 186; v. Galilei (Testiera) 211; v. Rheita 196 — Luftfernrohr v. Huyghens und Hooke 569, 639; Anzout's Objektivlinse v. 600 Fufs Brennweite 569, 639 — d. Namen Okular u. Objektiv v. Rheita 196.
- Mit den ersten F. die Jupitermonde nicht sichtbar 207 — Verbesserung d. F. durch Divini 375; Torricelli 375; Campani 376; Huyghens 638 — Newton hält den von d. Farbenzerstreuung verursachten Fehler für unverbessert. 669, 671 — Ausbreitung d. F. in Europa 190 — s. Blendglas, Linsen, Mikrometer, Spiegelteleskop.
- Ferrari, üb. d. Gleichung vom 3. Grad 124.
- Ferro, Lösung d. Gleichung vom 3. Grad 124.
- Festigkeit, Untersuchg v. Galilei 250; v. Mariotte 495.
- Feuer, griechisches 90 — F. nach Boyle schwer 481.
- Feuerkugeln, Aristoteles bekannt 45 — kommen nach Halley und Chladni aus d. Weltraum 753.
- Feuermühle v. Amontons 515, 556.
- Feuerspritze bei d. Römern 15.
- Feuillée, sein Gewichtsariometer 524 — barometr. Höhenmessg 738.
- Finseus, magnet. Deklination zu Paris 273 — geogr. Längenbestimmg aus Mondsdistanzen 263.
- Fits v. Newton 587, 676.
- Fixsterne s. Sterne.
- Flaschenzug, erfund. v. Archimedes 14.
- Flavio Gioja, nicht Erfinder des Kompasses 98.
- Fludd, nicht Erfinder d. Thermometers 256.
- Flüssigkeit, Galilei's Vorstellung v. d. inneren Wesen d. Fl. noch d. heutige 244 — s. Hydraulik, Hydrostatik.
- Fontana, Francesco, 195 — An-

- sprüche auf d. Erfindg d. Fernrohrs u. Mikroskops 196.
 Fontana, Domenico, richtet den Obelisk in Rom auf mittelst feuchter Hanftaus 387.
 Fracastoro, 127 — Andeutg öb. d. Parallelogramm d. Kräfte; seine Linsenkombination 127 — setzt als Ursache der Anziehg d. Magnetnadel Gebirge im Norden 274.
 Franklin, 869 — nimmt eine elektr. Materie an 862 — erkennt, dafs d. beiden Seiten der leydenerschen Flasche entgegengesetzt el. sind 861; Erklärg d. Ladg 862 — seine Kaaskadenbatterie 863 — Blitzableiter 865 — weist die Elektricität in d. Atmosphäre nach 870.
 Fresnel, bringt d. Undulationstheorie zur Anerkennung 588, 646.
 Friedrich II. von Hohenstaufen, liefs d. Ptolemaeus übersetzen 82.
 Frisius s. Gemma.
 Frontinus, beob. d. Einflufs d. Wasserhöhe auf d. Ausflufsmenge 17.
 Funkeln der Sterne, nach Vitello v. Luftbewegg herrührend 92.

G.

- Galilei, Galileo, 204, 288 — seine Verfolg und Verurtheilg 209, 213 — Lehre v. freien Fall 223; Versuche 224, 229; Fall auf d. schiefen Ebene 230; Wurfbewegg 234, 237; Gesetz d. Trägheit 234; Parallelogramm der Kräfte 235 — Pendelschwingung 223, 238; Gal. nicht Erfinder d. Pendeluhr 240, 389, 599, 607 — Satz v. d. virtuellen Geschwindigk. 241 — Widerstand d. Luft 244 — Ebbe u. Fluth v. d. Schwerkraft d. Erde herrührend 243.
 Verfertigt e. Fernrohr 206; entdeckt die Jupitermonde 207; die Phasen v. Venus u. Mars, d. Saturnring, Sonnenflecke u. Sonnenfackeln 208 — erfindet d. Bino-kularfernrohr, Testiera od. Celatone 211; d. zusammenges. Mikroskop 209, 260; d. Thermometer 255, 259; d. Proportionalzirkel 192, 267 — Mondkarte v. ihm 295.
 Ueb. d. Festigk. d. Körper 250

- seine Ansicht v. d. innern Wesen d. Flüssigkeiten noch d. heutige 244 — hydraul. Maschinen v. ihm 244; hydrostat. Schnellwage, Bilancetta 245 — Beob. stehender Wasserwellen 267 — d. Ansteigen d. Wassers in Pumpen e. Adhäsionsphänomen 252 — Gewicht d. Luft 253 — Versuch e. luftleeren Raum herzustellen 254.
 Nicht Entdecker d. Klangfiguren 268; Verhältnifs der Saitenlänge zur Schwingungszeit 268, 802 — Bestimmung d. geogr. Länge durch d. Jupitermonde 261, 264 — Vervollkommung d. Winkelmessg 265 — soll auch d. Calculus indivisibilium erfunden haben 337 — Schicksal seines literar. Nachlasses 215.
 Galilei, Vincenzo, sein Pendel mit Zählerwerk keine Uhr 240, 599.
 Galvani, Entdecker d. Galvanismus 899.
 Gas, d. Wort v. van Helmont 440.
 Gascoigne, wandte zuerst d. Mikrometer an 567.
 Gassendi, 300 — nahm für Licht, Wärme, Geruch u. s. w. Atome an 301 — Fallversuche zum Erweise d. Axendrehg d. Erde 303; für Galilei's Fallgesetze 304 — fand gleiche Geschwindigk. für hohe u. tiefe Töne 301 — beob. d. Durchgang Merkurs durch d. Sonne 302.
 Gauthier d'Espinois, Nachricht v. d. Magnetnadel 101.
 Gautier, macht Seewasser durch Destillation trinkbar 488.
 Geber, 65 — seine chem. Kenntnisse 66.
 Gefrieren s. Eiswasser.
 Gellibrand, entdeckt d. säkulären Aendergen d. Magnetnadel 275.
 Gemma Frisius, Bestimmung d. geogr. Länge durch e. Uhr 731 (s. 263).
 Generalkarte s. Geographie.
 Generini, 566 — verband d. Fernrohr mit e. Stativ u. Winkelinstrumenten 566.
 Geographie, Ptolemaeus bestimmte d. Ortstage durch Länge u. Breite 26 — Länderkunde d. Alten 46 — Halley's Karte v. Kanal 717

- Cassini's Karte v. Frankreich; ähnliche von England u. Oesterreich 781 — s. Breite, Länge.
- Geologie, Erdbildg nach Steno 369 — innere Beschaffenh. der Erde nach Woodward 739.
- Georg v. Trapezunt, Uebersetzer griech. Werke 118.
- Gerbert, Papst Sylvester, 81 — Erfinder hydraul. Maschinen, d. Dampforgel und e. Rechentisches 81, 528.
- Geschwindigkeit, virtuelle, Andeutg dav. bei Aristoteles 242; entdeckt v. del Monte 120; Satz v. Galilei 241.
- Gewicht, specifisches, begründet v. Archimedes 13 — Kenntniss d. Alten vom sp. G. d. Weines, Flufs- und Regenwassers 14 — Cardano bestimmt es durch die Lichtbrechg und den Widerstand gegen Projektile 123 — spec. G. verschied. Körper nach Ghetaldi 128.
- Ghetaldi, spec. Gewicht verschied. Körper 128.
- Giesing, erfand d. Reibzeug der Elektrisirmasch. 846.
- Gilbert, 277 — betrachtet d. Erde als e. großen Magnet 280 — will aus d. Inklination die Polhöhe bestimmen 281 — seine Nomenklatur 283 — Verhalten des weichen Eisens zum Erdmagnetismus 284 — Eigenschaften künstl. Magnete 285 — Messg d. Deklination 285 — Unterschied zw. Elektr. u. Magnetism. 831; v. ihm d. Wort elektrisch 285, 832 — vermehrt d. Verzeichniss d. durch Reiben elektrisirbaren Körper, Metalle und Feuchtigk. nicht dazu gehörig 830 — er kennt nur Anziehg der Elektricität 831.
- Gioja s. Flavio.
- Giordano Bruno, 121 — Anhänger d. Kopernikus 121 — hält die Fixsterne für selbstleuchtend 146.
- Glas, Kunckel Erfinder d. Rubinglases 454 — Nachrichten über farbige Gläser u. Emailen v. Neri 455 — Bevis findet d. Lichtbrechg im Boraxgl. grösser als im Kry-
- stallgl. 859 — Zerspringen von Gläsern durch Schreien 441.
- Glasthränen, Glastropfen, Geschichte ders. 412; verwandt d. bologneser Fläschchen 413.
- Glauber, Zusammenziehg v. Kupfer u. Zinn bei der Legirg 245, 452 — entdeckte d. Glaubersalz 451.
- Godin, Gradmessg in Quito 760, 761.
- Gordon, 846 — wandte bei der Elektrisirmaschine e. Glaszylinder an, u. erfand d. el. Spitzenrad, Glockenspiel u. d. el. Fontäne 846 — entzündete Weingeist durch d. el. Funken 847.
- Gradmessung s. Erde.
- Graham, 725 — entdeckt d. tägl. Variation d. magnet. Deklination 726 — beob. die Aendergen der magn. Inklination und Intensität 727 — verfertigte Planetarien u. vorzügl. astronom. Instrumente 725 — v. ihm d. Quecksilberkompensation d. Pendels 729.
- Gralath, entzündet e. Licht durch d. el. Funken 847 — erfand d. el. Batterie 855 — führte d. Entladg durch viele Personen zugleich 854 — beob. d. Ladgrückstand 855 — will d. el. Anzieh. mit d. Wage bestimmen 875.
- Gravitation, die Anziehg d. Himmelskörper schon von d. Alten vermuthet 704; am klarsten v. Borrelli 355 — nach Keppler d. Schwere das Bestreben d. Körper sich zu vereinigen 163; nimmt nach Fermat mit d. Tiefe ab 318 — Sätze v. Hooke üb. d. Gr. 586 — Wren, Halley u. Hooke der richtigen Erkenntniss nahe 700 — Newton's Theorie 696, 704 — Einfluss d. Berge auf d. Pendel nach Newton 707; Beob. üb. Anziehg d. Berge v. Bouguer u. Condamine 785.
- Gray, 840 — entdeckt d. Unterschied v. Leitern u. Nichtleitern u. die Mittheilg der Elektr. 837 — elektrisirt lebend. Menschen u. Wasser 839 — nur d. Oberfläche, nicht d. Masse d. Körper kommt beim Elektrisiren in Betracht 840 — die el. Anziehg wirkt durch

- d. Vakuum u. e. Magneten 839
 — benutzt a. Wassertropfen als
 Mikroskop 840.
- Gregory, David, hält d. Achro-
 masie für möglich 573.
- Gregory, James, 570 — sein Spie-
 gelteleskop 571 — will d. Parall-
 axe d. Sonne aus d. Vorübergang
 v. Venus od. Merkur ermitteln 572.
- Grimaldi, 294 — beob. d. Dis-
 persion u. Beugg d. Lichts 839
 — schreibt das Licht einer wellen-
 art. Bewegg zu 341 — Erklärng
 d. Farben 343; d. Lichtbrechg 344
 — seine Mondkarte 295 — Grad-
 messg bei Modena 294.
- Grofs, elektr. Pausen 869
- Guericke, Otto v., 421 — Erfinder
 d. Luftpumpe 423; Versuche da-
 mit auf d. Reichstag 427 — be-
 weist Elasticität u. Gewicht d.
 Luft 425 — erkennt d. Abnahme
 d. Luftdichte in d. Höhe 426 —
 sein Wasserbarometer 429; Mano-
 meter 430; Thermoskop 432;
 Elektrisirmaschine 433 — beob.
 d. elektr. Abstofsg u. das phos-
 phorische el. Licht 434, 833 —
 Wirkg d. Luftverdünnung auf d.
 Schall u. d. Verbrenng 431, 798.
- Guglielmini, Domen., berühmter
 Wasserbaumeister 493.
- Guglielmini, Giov. Batt., Fall-
 versuche die Axendrehg d. Erde
 zu beweisen 698.
- Guido v. Arezzo, Erfinder d.
 Noten u. Tonbezeichnung 801.
- Guldin, 336 — sein Theorem 17,
 337.
- Gunter, 275 — beob. d. magnet.
 Variation 275 — sein logarithm.
 Rechenstab 275.
- Guy-Tachart, beob. d. Veränder-
 lichk. d. magnet. Deklination 727.
- Gymnotus electricus 898.

H.

- Hadley, George, Theorie d. Passate
 742.
- Hadley, John, sein Spiegel-Teleskop
 u. -Sextant 577, 742.
- Halley, 715 — Formel für d. Ver-
 ciniggsweite d. Strahlen bei sphär.
 Linsen 722 — Ausdehng v. Wasser
 u. Quecksilber durch d. Wärme
 508, 509 — hält Quecksilber nicht
 geeignet für Thermometer; Skala
 für Thermomet. 509, 521 — erste
 Deklinationskarte 724; d. Erde
 hat 4 Magnetpole 723 — d. Nord-
 licht a. magnet. Ausfluß d. Erd-
 pole 750; d. Scheitel d. Nordlicht-
 bogens im magnet. Meridian 750
 — Meerwasser reflektirt grünes
 Licht u. läßt rothes durch 722
 — Verbesserg d. Taucherglocke
 und T.-Kappe 722 — barometr.
 Höhenmessg 736 — Ursache d.
 Barometeränderg 739 — Theorie
 d. Passate 741 — Ursprung d.
 Quellen 748.
- Gesetz üb. d. Centrifugalkraft
 700 — Fixsternkatalog d. südl.
 Himmels 716 — beob. die eigene
 Bewegg gewisser Fixst. 719 —
 will d. Parallaxe d. Sonne aus d.
 Vorübergang v. Venus u. Merkur
 bestimmen; Beob. d. Merkurdurch-
 ganges 572, 716 — Hevel beob.
 mit Dioptern so genau wie Halley
 mit d. Fernrohr 449, 569, 716
 — Berechng verschied. Kometen-
 bahnen 718 — Feuerkugeln stam-
 men aus dem Weltraum 753 —
 Karte vom Kanal 717.
- Hansteen, üb. d. Magnetismus d.
 Erde 723.
- Harriot, beob. die Jupitermonde
 193; Sonnenflocke 201 — d. Licht-
 brechg unabhängig v. d. Dichte
 d. Substanz 169.
- Harrison, sein Rostpendel 730 —
 sein Timekeeper erhält d. Preis
 735.
- Hartmann, 273 — magnet. De-
 klinat. zu Nürnberg 273; entdeckt
 d. magnet. Inklination 277 — er-
 findet d. Kaliberstab 273.
- Hartsoeker 582.
- Harun al Raschid 58.
- Hauk Erlandson, Nachricht üb.
 d. Magnetsadel 100.
- Hausen, erregt Elektric. durch
 Reiben e. mittelst Rad gedrehten
 Glaskugel 845.
- Hautefeuille, 549 — will durch
 Dämpfe und durch Schießpulver
 Maschinen bewegen 549 — bean-
 sprucht d. Erfindg d. Pendeluhrn

- u. der Spiralfeder in Taschenuhren 564, 614.
- Hauy, beob. d. Pyro-Elektric. vieler Krystalle 897.
- Hawksbee, 836 — Verbesserg d. Luftpumpe 473 — Fallen d. Barometers durch heftigen Wind 740 — die Schallstärke abhängig v. d. Dichte d. Luft 798 — Schallfortpflanzg in Wasser 799 — Fernwirkg d. Magnete 694 — elektr. Funken aus gerieb. Glas 835 — erkennt d. el. Natur d. Leuchtens v. Quecksilb. im Barometer 834.
- Hebel, liegt nach del Monte allen Maschinen zum Grunde 120 — Moment krummer u. winkelförm. H. nach Benedetti 128.
- Heber, schon Hero bekannt 16 — s. Siphon.
- Hele, angebl. Erfinder d. Taschenuhren 562, 612.
- Helioskop, zur objektiven Darstellg d. Sonnenflecke v. Castelli 319; v. Scheiner 200.
- Heliostat, v. Borelli erfunden 354.
- Helmont, van, 440 — beschreibt d. Differentialthermometer; führt d. Wort Gas ein; entdeckt d. Kohlensäure 440 — benutzt e. Wasserthermometer 441.
- Henley, sein Quadrant-Elektrometer 875.
- Heraklides, behauptete d. Axendrehg d. Erde 143.
- Hermann, Verbess. d. Thermomet. v. Amontons 513 — Abplattg d. Erde 777.
- Hero, Heronsball und H.-brunnen; seine Reaktionsräder mit Dampf u. erhitzter Luft 16, 526 — v. ihm d. Satz, dafs d. Licht bei d. Reflexion d. kürzesten Weg nimmt 24 — erwähnt e. Hodometer 24 — Uebersetzer seiner Schriften 530.
- Heronsball, Heronsbrunnen 16.
- Hevel, 448 — Mondbeschreibg 295, 449 — sein Mikrometer 567 — misst mit Dioptern so genau wie Halley mit d. Fernrohr 449, 569 — findet in d. scheinbaren Gestalt d. Saturns e. 15jähr. Periode 636 — Beob. v. Ringen, Nebensonnen u. -monden 641.
- Himmelsbläue, Erklärng v. Fabri u. Leonardo da Vinci 373.
- Hjorter, entdeckt die Störungen d. Magnetenadel durch d. Nordlicht 752.
- Hipparch, entdeckt d. Präcession 706.
- Hippokrates, nennt Regenwasser d. leichteste Wasser 14.
- Hodometer, erwähnt v. Hero 24; H. d. Chinesen 106; H. für Schiffe v. Savery 542.
- Höfe um Sonne u. Mond, Aristoteles bekannt 28 — Erklärng v. Mariotte 495; v. Huyghens 496, 642; v. Descartes durch Eisnadeln 496, 641 — s. Ringe.
- Höhenmessung, barometrische, Idee dazu bei Pascal 332; Mariotte 489, 736 — Theorie v. Halley 736 — Formeln v. Maraldi, Cassini u. A. 738 — bei d. trigonometr. H. fordert Hooke die Beachtg d. atmosphär. Strahlenbrechng 584.
- Holz, Ausdehnung durch Feuchtigkeit nach d. Acc. del Cim. 399.
- Holzessig, Holzgeist, dargestellt v. Boyle 485.
- Hooke, 558 — Erfindungen u. Verbesserungen: Doppelbarometer; Rad- u. Meerbarom. 583; Gewichtsartometer 523; Luftpumpe 560; Spiralfeder d. Taschenuhr 561, 613; Weingeistlibelle 565; Luftfernrohr 569; Blendglas 570; Bathometer, Taucherglocke, Minimum-Thermometer 583; Ombrometer 584; Anemometer 744; Camera obsc., Laterna mag. 582; Telegraph 515, 583; Nonius, Mikrometer 565; Spiegel-Teleskop 574; Mikroskop 581.
- Anwendg d. kon. Pendels 564 — benutzt d. Schraube zur Theilg astronom. Winkelinstrumente 565 — unterschätzt Hevel's Messgen ohne Fernrohr 568 — erkennt d. Konstanz d. Gefrier- u. Siedepunkts v. Wasser 507 — Ausdehnung d. Wassers durch d. Wärme 508 — Umdrehungszeit v. Jupiter u. Mars, u. Flecke auf diesen 580 — fordert die Beachtg d. atmosphär. Strahlenbrechng bei Höhenmessungen 584 — Höhe d. Atmosphäre 584 — Fall-

- versuche zur Ermittlung d. Erddrehg 585, 698 — Sätze üb. d. Gravitation 586, 700 — Farben dünner Blättchen 587; d. Licht in Impulsen senkr. gegen d. Richtg d. Strahles bestehend 588 — beob. d. Aberration d. Lichts 719 — nach ihm nur 2 Farben 589, 671 — Fortpflanzg d. Schalles in festen Körpern 800 — üb. Glathänen u. Haarröhrchen 585.
- l'Hôpital (l'Hospital), üb. d. Brachystochrone 606, 607.
- Horror vacui 15; durch d. Barometer besseitigt 332.
- Horrox, beob. zuerst d. Vorübergang d. Venus vor d. Sonne 302, 567.
- Hunter, findet d. elektr. Organ d. Zitterrochen 898.
- Huth, sein Sprachrohr 415.
- Huyghens, 589 — erfindet d. Pendeluhr 590; regulirt d. Taschenuhr durch d. Spiralfeder 563, 618 — Schwinggen d. kon. Pendels 622 — Benutzg d. Cykloide für d. Uhrpendel 603 — benachbarte ungleich schwingende Pendel gleichen sich aus 614 — Schwinggspkt. e. zusammengesetzten Pendels 618; Schwinggspkt u. Aufhängepkt sind wechselseitig 620 — Länge d. Sekundenpendels in Paris; geeignet zur Längeneinheit 619.
- Das Luftfernrohr 569; vervollkommnet d. Fernrohr u. d. Linsenschleifen 638 — sein Mikrometer 567, 639 — Helligkeit d. Sirius 640 — Theorie d. Höfe u. Nebensonnen 640 — hält d. Licht aus longitudinalen Schwinggen hervorgehend 643, 651 — Doppelbrech im Kalkspath 647; Bergkrystall 652 — nimmt nur 2 Farben an 672.
- Ueb. d. Centrifugalkraft 621 — Gestalt d. Erde 628, 754; Abplattung e. nassen rotirenden Thonkugel 629 — entdeckt d. Saturnring u. d. größten Saturnmond 637 — sein Doppelbarometer; Anhaften v. luftfreiem Wasser u. Quecksilber in Barometerröhrchen 634 — Theorie d. Stofses 633.
- Hydraulik, Frontinus erkennt den Einfluß d. Höhe d. Wasserspiegels auf d. Ausflussmenge 17 — Gesetz d. Ausflusses nach Torricelli 323; bestätigt durch Mersenne 325; Mariotte u. Guglielmini 493 — Einfluß d. Reibg d. Wassers auf d. Steighöhe d. Springbrunnen nach Mariotte 493 — Newton erkennt d. Zusammenziehung d. Strahles 711 — Verminderg d. Seitendrucks in bewegten Flüssigkeiten nach D. Bernoulli 740 — Druck d. Flüsse gegen d. Ufer v. Rossetti 368; Bewegg d. Wassers in Flüssen u. Kanälen v. Castelli 319; Sammlg ital. Werke darüb. 494 — Oscillationen in kommunizirenden Röhren nach Newton 712.
- Hydraulische Maschinen, v. Archimedes 13; v. Gerbert 81; v. Galilei 244 — nach Galilei steigt d. Wasser in Pumpen nur bis 30 Fuß, weil seine Kohäsion dann aufhört 252.
- Hydroskopium s. Baryllion.
- Hydrostatik, begründet durch Archimedes 13 — Sätze üb. d. Druck auf Boden u. Wand d. Gefäße v. Stevin 247, 248; Pascal 333 — üb. d. Schwimmen v. Aristoteles 220; v. Stevin 248 — hydrostat. Schnellwage v. Galilei 245.
- Hyetometer s. Regenmesser.
- Hygrometer v. Ferdinand II. 387, 388.
- Hygroskop, hygroskop. Wage v. de Cusa 387; H. v. Mersenne 326, 387; Darmasiten-H. v. Santorio 257, 387; Grannen-H. v. Maignan 387; H. v. Amontons 500 — Hebg e. Obeliskens durch feuchte Hanftane v. Fontana 387; Dioskorides erhält mittelst Wolle süßes Wasser auf d. Meer 388 — Porta's Beob. üb. Niederschlag d. Wassers u. üb. d. Schwitzen d. Fenster 395.
- Hypatia (Hypathia), nicht Erfinderin d. Aräometers 14 — Kommentar zum Apollonius 347.

I.

- Jacques de Vitry, Nachricht v. d. Magnetnadel 100.
- Jahr, platonisches 706 — s. Kalender.
- Jansen, Anspruch auf d. Erfindg d. Fernrohrs u. Mikroskops 187.

Ingenhous, seine Scheiben-Elektrisirmaschine 849.
 Journal des savants, gegründet v. de Sallo 462.
 Irradiation, beob. v. Tycho, gedeutet v. Kepler 170.
 Jupiter, die Abplattung beob. v. Cassini 705 — Entdeckg d. Flecke v. Zucchi 327; v. Cassini u. Hooke, Umdrehungszeit danach 580 — Beob. d. Jupitermonde v. Peiresc 191; v. Marius, Harriot 192; v. Galilei 207; v. Christmann u. Clavius geläugnet 208 — s. Länge, geogr.

K.

Kältemischungen, v. Porta, v. d. Acc. del Cim. u. A. 394; v. Boyle 481.
 Kalender, julian. 187; d. Verbess. dess. erstrebt R. Baco 86; de Cusa 115; Regiomontanus 117; Danti 136.
 Kaliberstab v. Hartmann 273.
 Kapillarität, beob. v. L. da Vinci 113, 407; v. Aggiunti 366, 407 — nach Fabri siefst Wasser nie oben aus Haarröhren 410 — die Kap. nach d. Accad. del Cim. nicht v. Luftdruck herrührend 392; desgl. Borelli 410 — Vofs kannte d. Depression d. Quecksilbers 410 — Gesetz d. Steighöhe in Röhren nach Borelli 408; Gestalt d. Wasserfläche, wenn Holz- u. Metallplättchen darauf schwimmen 409 — Norman beob. d. Schwimmen e. Magnetnadel 282, 409 — Taylor üb. d. hyperbol. Wasserlinie zw. zwei gegeneinander geneigten Glasplatten 805 — Clairault's Theorie d. Kap. 791.
 Kater, sein Reversionspendel 621.
 Kepler, 153 — Beob. des großen Kometen v. 1607, 156 — die r. d. d. Tafeln 156, 157, 166 — Abstände d. Planeten 159 — seine Gesetze 161 — Ansicht v. d. Schwere 163 — Ebbe u. Fluth v. Mond veranlaßt 163 — muthmaßt d. Axendrehg d. Sonne u. diese als Ursache d. Planetenbewegg 164 — Beob. e. Sonnenflecks 164 — Satz v. d. Trägheit 165.
 Theorie d. Sehens 168; Kurz u. Weitsichtigk. 169 — Hauptsatz d. Photometrie 169 — sein Brechgesetz 167 — Brennpkt d. Linsen 171 — versch. Konstruktionen d. Fernrohrs 173 — Irrungen üb. Farben, Brechg, Irradiation 169, 170 — entdeckt d. totale Reflexion 682.
 Kienmayer'sches Amalgam 850.
 Kimmung, Luftspiegelung, Mirage, Beispiele bei d. Alten 29.
 Kirch, Beob. d. Kometen v. 1680 zu Koburg 450.
 Kircher, 286 — angebl. Erfinder d. Laterna magica 136, 435 — üb. physiolog. Farben 485 — üb. d. Verbrenng d. röm. Flotte durch Brennspiegel 436; d. Sprachrohr 414; Aeolsharfe 437 — Fortpflanzg d. Schalles in festen Körpern 800 — Stärk d. Magnetkraft, Messg derselb., Anwendg derselben zur Telegraphie, Verhalten der Magnetnadel beim Ausbruch d. Vesuv, 287 — Meerwasser soll mit d. Tiefe salziger werden 486 — Meeresreis giebt beim Thauen süßes Wasser 488.
 Klang, entsteht nach de la Hire von d. Erzittern d. Moleküle 812.
 Klangfiguren, entdeckt v. Chladni 826, nicht v. Galilei 268.
 Kleanth, lehrt d. Bewegg d. Gestirne durch d. Aether 307.
 Kleist, erfindet d. Verstärkungsflasche 851.
 Kleomedes, kennt d. Einfluß d. Dichte auf d. Lichtbrechg 25.
 Kohäsion, Erklärng v. Galilei 251; v. Fabri 374 — die K. hebt nach Galil. e. Wassersäule nur bis zu 32 Fufs Höhe 252.
 Kohlensäure, dargestellt v. van Helmont 440; v. Boyle 485.
 Kometen, ihre Bahn nach Kepler gradlinig 445; d. Bahn des K. v. 1680 nach Dörfel e. Ellipse 449; Beob. desselb. K. v. Kirch 450 — Halley findet auch K. mit ellipt. Bahn 718 — v. Cysatus d. ersten teleskop. Kometen beob. 302 — K. nach Cassini nicht meteorischen Ursprungs 578.
 Kompafs s. Magnetismus tellur.

Kompressionspumpe, scheint v. Ktesibius erfunden 15; verbess. v. Boyle 474.
 Kondensator v. Volta 888.
 Konsonanz, Ursache 818.
 Kopernikus, 137 — sein Welt-system 142.
 Kratzenstein, v. ihm d. Zungenpfeifen 826 — medicin. Wirkgen d. Elektr. 873.
 Kreistheilung s. Messen.
 Krystalle s. Mineralogie.
 Ktesias, 38 — üb. Blitzableiter bei den Indern 38.
 Ktesibius, verfertigte Druckpumpen, Wasseruhren mit Zahnrädern u. soll die Windbüchse erfunden haben 15.
 Kunckel, 453 — erfand d. Rubinglas 454 — entdeckte d. Phosphor 455.

I.

La Caille, Revision d. Gradmessg v. Picard 756; v. Cassini 764 — seine Gradmessg am Kap 766.
 Lackmüs, Verhalten zu Säuren u. Alkalien der Acc. del Cimento bekannt 401.
 Länge, geographische, Galilei will sie durch d. Jupitermonde bestimmen 261, 264; desgl. Peiresc 191; Renieri's Berechng d. Trabanten 264 — Werner u. A. durch Mondfinsternisse u. Mondstanzanzen 262; Euler u. Tob. Mayer erhalten für Verbess. dieser Methode d. Preis 263, 735; Langren schlägt d. Mondflecke vor 295 — Burroughs u. Porta empfehlen d. magnet. Deklination 274, 732; ist nach Gilbert unbrauchbar 281 — Gemma Frisius empfahl d. Uhr 731; Huyghens versuchte d. Pendeluhr 732; Sully d. tragbare Uhr 733; Harrison's Timekeeper erhält den Preis 735.
 Lagrange, Schallgeschwindigkeit nach Theorie u. Erfahrng 797 — Gestalt e. schwingenden Saite 807 — Zusammenhang d. Schwebungen u. tartin. Töne 817.
 La Hire, de, 782 — Versuche üb. d. Widerstand d. Luft 709 — Ursache d. Barometeränderg 789 — Ursprung d. Quellen 499, 747 — Beob. üb. Regenmenge 749 — Klang, das Erzittern d. Moleküle 812 — Gradmessg in Frankreich 757.
 Lana, sein Luftballon 439.
 Langren, will d. geogr. Länge durch Mondflecke bestimmen 295.
 Laterna magica, Porta's u. Kircher's Anspruch auf ihre Erfindg 136, 485 — Beschreibg v. Deschales 136; v. Hooke 582.
 Leeuwenhoek, 581 — seine mikroskop. Arbeiten 582.
 Legirung, Glauber fand d. Zusammenziehng bei d. Leg. v. Kupfer u. Zinn 245, 452.
 Leibnitz (Leibniz), seine Rechenmaschine 330 — üb. d. Brachystochrone 606 — Ursache der Barometerveränderungen 740 — erfindet d. Infinitesimalrechnng 714.
 Leichtigkeit, positive, widerlegt v. d. Accad. del Cimento 399; v. Boyle 476.
 Le Monnier, Louis Guill., 855 — bei Ladg d. leyd. Flasche muß d. Außenbeleg abgeleitet werden 856 — Entladg durch lange Leitungen 856 — Geschwindigk. d. Elektricität 857 — Nachweis d. Luftelektric. 872.
 Le Monnier, Pierre Charles, 788 — Eigenschaften ausgekochter Barometer 506 — Erniedrigg d. Siedepunkts auf d. Canigou 511 — Gradmessg in Lappland 763.
 Leonardo da Vinci, 113 — erste Wahrnehmng d. Diffraction 113. 342; d. Kapillarität 113. 407 — Anwendg d. Camera obsc. auf d. Theorie d. Sehens 118 — Erklärg d. Himmelsbläue 373.
 Leuchtsteine s. Phosphoreszenz.
 Leydener Flasche s. Elektrische Apparate.
 Libau, 451 — v. ihm d. flücht. Zinnchlorid; das erste chemische Handbuch in Deutschland 451.
 Libelle, die Wasserlib. beschrieben v. Picard, d. Weingeistl. erfunden v. Hooke 565.
 Licht, nach Ansicht d. Alten die Empfindg tastender Augenstrahlen 19 — besteht nach Gassendi aus Atomen 301 — Emissionstheorie

- v. Newton 644, 676 — nach Grimaldi das L. a. wellenart. Bewegg 341; desgl. nach Huyghens, d. Schwinggen longitudinal 643, 651; nach Hooke transversal 588, 651; Euler, Th. Young u. Fresnel begründen d. Undulationstheorie 588, 645; Newton a. Zeitlang ihr geneigt 689; nach Malus die Polarisation in d. Wellentheorie unmöglich 690 — Lichttheorie v. Descartes 312, 315, 679.
- Die Geschwindigk. des L. nach Descartes instantan 657 — Messg d. Geschwindigk. durch d. Acc. del Cimento 402; Olof Römer 655 — nach Hero geht das L. bei d. Reflexion d. kürzesten Weg 23; nach Fermat stets den Weg d. kürzesten Zeit 317 — Boyle will das L. wägen 481 — Maurolykus erklärt, weshalb d. Bild der durch beliebige kleine Oeffnungen scheinenden Sonne stets rund ist 131 — s. Aberration, Photometrie.
- Licht-Beugung, wahrgenommen v. Leon. da Vinci 342; beob. v. Grimaldi 339, 341; Deschales 299; Newton 688.
- Licht-Brechung, das Gesetz Aristoteles unbekannt 25 — Kleomedes kennt den Einfluss d. Dichte d. Mediums u. die atmosphär. Strahlenbrech 25; Tycho u. Keppler darüb. 170 — Vitello beob. d. Lichtschwächg bei d. Brech 91 — Keppler's Erklär d. Br.; Harriot dagegen 169 — Erklär v. Descartes 313; Grimaldi 344; Newton 681 — Brechkraft nach Newton 684 — Brechgesetz v. Maurolykus 130; Keppler 167; Snell 311; Umformg dess. durch Descartes 312 — Dichte u. Lichtbrech nach Boyle nicht proportional 481; Newton schließt aus d. Lichtbr. auf d. Verbrennlichk. d. Diamanten 685.
- Lichtbrech in Wasser u. Glas nach Ptolemæus 27; Albazen 74; Vitello 91; Maurolykus 130; Keppler 171 — Lichtbr. d. Flüssigkeiten im Auge nach Scheiner 201; in Boraxglas nach Bevis die Br. größer als in Krystallglas 859 — s. L.-Doppelbrech.
- Licht-Dispersion, beob. v. Seneca 25; Vitello 91; Marci 673; Grimaldi 343 — Erklär v. Newton 668; Gegner Newton's 670 — s. Achromasie.
- Licht - Doppelbrechung, entdeckt im Doppelspath v. Er. Bartholin 653; untersucht v. Huyghens im Kalkspath 647; im Bergkrystall 652; Newton darüber 644, 690 — s. L.-Polarisation.
- Licht-Interferenz s. L.-Beugung. Farben dünner Blättchen.
- Licht-Polarisation, entdeckt bei der Doppelbrechung v. Huyghens 651; bei d. Reflexion v. Malus 652 — nach Malus die Polaris. mit d. Undulationstheorie unvereinbar 690 — Newton hält d. Seiten d. Lichttheilchen für ungleich 690.
- Licht-Reflexion, die Hauptsätze üb. d. Refl. schon bei Euklid 23, u. Hero 24 — Vitello beob. d. Lichtschwächg bei d. Refl. 91 — Erklär d. Refl. v. Descartes 312; v. Newton 682; d. totale Reflex. v. Keppler entdeckt 688 — s. Spiegel.
- Lichtenberg, führte d. Namen posit. u. negat. Elektr. ein; seine Figuren 883.
- Linné, nennt d. Turmalin e. elektr. Stein 895.
- Linsen, Brenngläser bei d. Alten 24 — Linsencombinationen v. Fracastoro 127; Porta 134 — Bestimmung d. Brennpunkts bei plan- u. bikonvexen L. v. Keppler 171; bei L. jeder Art v. Cavalieri 338; Vereinigungsweite für parallele und nichtparall. Strahlen v. Barrow 661; allgem. Formel v. Halley 172 — Maurolykus beob. d. sphär. Abweichg an d. Kugel, Keppler an Linsen 172.
- Hyperbol. L. v. Descartes 315 — Vorschriften zum Schleifen der L. v. Huyghens 638 — große L. v. Tschirnhausen 444 — hohle mit Flüssigk. gefüllte L. v. Burattini 377 — geschmolzene Glaslinsen v. Torricelli u. A. 321, 582 — L. aus Eis u. Diamant 357 — s. Brennlinien.

Linus, 478 — läugnet d. Luftdruck 478; Gegner d. Farbenlehre Newton's 670.
 Lippershey, Erfinder d. Fernrohrs, 185; d. Binokulars 186.
 Liquor fumans Boyle's. Beguini 485.
 Lister, Ursache d. Barometeränderungen 738.
 Logarithmen, erfunden v. Borgen u. Napier 611.
 Longomontanus, 152 — modificirt d. tycho'sche Weltsystem 152.
 Lucrez, erwähnt Anziehg u. Abstoßg d. Magnete 41.
 Ludolf, entzünd. Schwefeläther durch d. el. Funken 847.
 Luft, ihre Zusammendrückbarkeit kennt Ktesibius 16 — Guericke beweist d. Elasticität der L. 425 — d. Mariottesche Gesetz v. Boyle 477; v. Mariotte 489 — Ausdehnung d. L. durch d. Wärme beob. v. Hero 16; Porta 134; Mersenne 826 — Wägung d. L. durch Aristoteles 18; Galilei 253; Riccioli 294; Guericke 426 — Dichte gegen Wasser nach Cardano 123; Boyle 476 — in d. Höhe nimmt nach Guericke die Luftdichte ab 426.
 Luftballon, v. Schwenter 438; v. Lana 439.
 Luftdruck s. Barometer, Vakuum.
 Luftpumpe, erfund. von O. v. Guericke 423; seine Versuche damit zu Regensburg 427 — Verbesserung d. L. v. Boyle 470; Papin 472; Senguerd 474 — L. mit doppelt. Stiefel v. Boyle u. Hawksbee 473; Hooke 560.
 Luftspiegelung s. Kimmung.
 Lupen, angebl. erfund. v. Baco 85.
 Lynkuron, wird nach Theophrast durch Reiben elektr. 33; wahrscheinl. Hyacinth 34.
 Lyra, achtsaitige v. Pythagoras 31.

M.

Maclaurin, 791 — Abplattg d. Erde 778.
 Maestlin, 147 — Erklär. d. aschfarbigen Mondlichts; Anhänger d. Kopernikus 147.
 Magalotti, Sekretär d. Acc. del Cimento 358.

Magnetismus, Entdeckg d. Magnetsteins 41; die Polarität dess. erwähnen Lucrez 41, Plutarch 42 — Wirkg d. Magn. auf Eisen u. andere Körper nach Porta 133, 134 — Gilbert's Kenntnisse v. künstl. Magneten 285 — Unterschied zw. Elektr. u. Magnet. nach Gilbert 831 — Kircher misst d. Stärke d. M. mit d. Wage, beob. d. Anziehg d. glühenden Eisens 287; Mittel d. M. zu stärken u. zu schwächen 288 — Gesetz d. Fernwirkg nach Hawksbee u. Newton; auffallend starker Magnet 694 — Magn. ändert nach Norman nicht d. Gewicht d. Stahls 278 — nach Boyle das Vakuum ohne Einfluß auf d. M. 475 — Canton magnetisirt d. Stahl durch Erdmagn. 874.

Magnetismus, tellurischer, nach Gilbert d. Erde s. großer Magnet 280; seine Kenntniss v. d. Wirkg d. Erde auf Eisen u. Magnete 284 — frühere Vorstellungen üb. d. Ursache d. Richtg v. d. Magnetnadel 274 — Geschichte d. Kompass bei d. Europäern, Flavio Gioja nicht Erfinder 98; bei d. Arabern 102; am frühesten benutzt v. d. Chinesen auf Landreisen 103, 105; Agricola wendet ihn beim Bergbau an 111; verschied. Einrichtg d. Kompasses 110.

Deklination den Chinesen bekannt 104 — die Ungleichh. d. Dekl. an verschied. Orten beob. v. Columbus 270; v. Cabot u. Oviedo 271; in Italien v. Porta 134; in Nürnberg v. Hartmann, in Paris v. Finäus 273 — Tafel üb. d. bekannten Abweichgen v. Burroughs 274; v. Halley 728; dess. Deklinationskarte 724 — Gellibrand beob. d. Veränderlichk. d. Dekl. an demselben Ort 275; d. Deklin. daher nach Gilbert für geogr. Längenbestimmg unbrauchbar 281 — Messg d. Dekl. v. Gilbert 285 — Aenderg d. Dekl. zu Paris 276 — Idee v. ständl. Aenderg bei Porta 133; die tägl. Aenderg entdeckt v. Graham 726; genauer beob. v. Celsius 727; ältere Beob. v. Guy-Tachart 727 — Halley erklärte

- d. Aendergen durch 4 Magnetpole d. Erde 723; Steinhäuser's Erklärng 724 — Störg d. Magnethadel durch Ausbruch d. Vesuvs nach Kircher 287; durch d. Nordlicht nach Hjorter 752.
- Inklination, entdeckt v. Hartmann 277 — den Chinesen d. Inkl. unbekannt 278 — Norman's Inklinatorium u. Bestimmgen damit 278 — Bestimmg d. Inkl. v. Cunningham 724; v. Hudson u. Baffin 280 — Gilbert will durch d. Inkl. d. Polhöhe bestimmen 281 — Graham findet keine Variat. der Inkl. u. Intensität 727 — erste Neigungskarte v. Wilke 725, 879.
- Magnus, Olaus, Ursache d. magnet. Wirkg des Nordpols 274.
- Maignan, v. ihm d. Grannenhygroskop 387.
- Mairan, 783 — Ursache d. Barometerveränderg 741 — findet d. Nordlichtkrone in d. Verlängerg d. Inklinationsnadel 752 — Erklärng d. gleichen Fortpflanzg hoher u. tiefer Töne 795.
- Malus, entdeckt d. Polarisation d. Lichts bei d. Reflex. 652, 690.
- Malvasia, sein Mikrometer aus Silberfäden 411, 567.
- Manometer, v. Guericke 490; v. Boyle (Baroskop) 482.
- Maraldi, barometr. Höhenmessg 738.
- Marci de Kronland, Beob. d. Ausbreitg d. prismat. Spektrums 673.
- Marcus Graecus, Darstellung d. Schiefspulvers; Destillat. v. Branntwein u. Terpentinöl 87.
- Marigni (Marino), Erfinder d. Meertrompete 811.
- Mariotte, 489 — d. mariottesches Gesetz; d. barometr. Höhenmessg 489, 736 — Ursache d. Barometeränderg; Winddrehg u. Theorie d. Passate 492 — Geschwindigk. d. Windes 744 — Beob. üb. strahl. Wärme; Regenmenge; Ursprung d. Quellen 498 — Einfluß d. Reibg d. Wassers in d. Röhren auf d. Steighöhe in Springbrunnen 493 — d. mariott. Flasche 494 — Fallversuche üb. d. Luftwiderstand 495, 708 — Perkussionsmaschine 494 — üb. d. Festigk. d. Körper 495.
- Erklärng d. Hölfe u. Ringe 495 — üb. physiol. Farben 496 — M. Gegner v. Newton's Farbenlehre 496, 672 — entdeckt d. Panctum coecum; nach ihm d. Sitz d. Sehens die Aderhaut 497 — Brennspiegel aus Eis 498 — d. Wärmestrahlen d. Sonne u. d. Feuers ungleich gegen Glas 498.
- Mariottesches Flasche 494.
- Mariottesches Gesetz, gefunden v. Boyle 477; v. Mariotte 489.
- Marius (Mayr), will d. Jupitermonde zuerst gesehen u. d. Proportionalzirkel erfunden haben 192.
- Markscheidekunst v. E. Reinhold 111.
- Mars, Phasen entdeckt v. Galilei 208; Flecken u. Umdrehungszeit beob. v. Cassini, Hooke 580.
- Marsili, Mitgl. d. Accad. del Cimento 359.
- Marum, van, Beschreibg d. Elektrisirmaschine v. Cuthbertson im Teylersch. Museum 850.
- Maschinen, Anwendg v. komprimirter Luft zu Masch. v. Papin 548; v. Schiefspulver nach Haute-feuille, Papin, Huyghens 548, 549 — zweckmäßigste Gestalt d. Zähne an Rädern nach Römer 655 — s. Dampfmaschine, Hydraul. Masch., Mechanik.
- Mathematik, Sinustafeln von Regiomontan 118 — Anwendg d. M. auf Medicin v. Cardano 123 — Geschichte d. Gleichungen dritten Grades 124 — Descartes's Verdienste um d. analyt. Geometrie u. d. Gleichungen 316 — Untersuchung d. Cykloide v. Pascal 334; Huyghens 603; Joh. Bernoulli 605 — die Kegelschnitte d. Apollonius nach Viviani 362 — Aufgabe v. Viviani 363 — Vorzüge d. Decimalsystems nach Stevin 249 — Erfindg d. Logarithmen durch Borgen u. Napier 611 — Methode d. Minima u. Max. v. Fermat 317 — Vorbereitung der Infinitesimalrechng v. Cavalieri 336; Galilei 337; Erfindg durch Newton u. Leibnitz 714 — Formel für $\frac{1}{2}\pi$ v. Wallis 631 — Guldin's Theorem v. Pappus herrührend 17, 337.

- Mauvertuis**, 787 — Gradmessg in Lapland 763 — Bestimmung d. Abplattg e. Sphäroids aus zwei Breitengraden 779 — Princip d. kleinsten Wirkg 787.
- Maurolykus**, 129 — Bedeutg d. Krystalllinse für d. Sehen 130, 169 — Lichtbrechg aus Luft in Glas; Brennlilien 130 — Erklärng d. Regenbogens u. d. runden Bilder der durch kleine Oeffnungen scheinend. Sonne 131 — beob. d. sphär. Aberration bei d. Kugel 172.
- Mayer**, Tobias, Mondtafeln z. geogr. Längenbestimmg 263, 735 — s. Marius.
- Méchain**, Gradmessg in Frankreich 768.
- Mechanik**, Principien d. Mech. v. Aristoteles 17 — die 5 mechan. Potenzen v. Pappus 17 — del Monte führt alle Maschinen auf d. Hebel zurück 120 — Andeutg üb. d. Zusammensetzg d. Kräfte bei Aristoteles 18; Fracastoro 127; Stevin 235; Parallelogramm d. Kräfte v. Galilei 235 — Satz v. d. Trägheit bei Kepler 165; Galilei 234 — Grundlehren d. Mech. v. Newton 703 — Princip v. Mauvertuis 787 — lebendige Kraft nach Leibnitz 633 — s. Centrifugalkraft, Fall, Geschwindigk., Hebel, Maschinen, Pendel, Stofs, Wurf.
- Medina**, läugnet d. magnet. Deklin. 272.
- Meertrompete** v. Marigni 811.
- Meerwasser**, nach Aristoteles nur an d. Oberfläche salzig 486; Varénus u. A. dagegen 486; d. Alten wußten, daß M. durch Destillat. trinkbar wird 487; Gautier wandte dieselbe an 488 — die Entsalzg des M. durch Gefrieren wurde zu Boyle's Zeit bekannt, war es aber bei Gewerbtreibenden schon früher 488 — Meerw. reflektirt nach Halley grünes Licht u. läßt rothes durch 722.
- Membranen**, Untersuchung ihrer Schwinggen v. Riccati 824.
- Merkur**, Vorübergang vor d. Sonne beob. v. Cysatus, Quietanus, Gasendi 302; v. Halley 572, 716.
- Mersenne**, 325 — Länge d. Se-
- kundenpendels; Ausfluß d. Wassers 325 — Wärmeausdehnng d. Luft; Windbüchse 326 — Schwinggsdauer verschieden gestalteter Pendel 617 — sein Hygroskop 326; Spiegelteleskop 327 — Schallgeschwindigk.; Wahrnehmung höherer Töne neben d. Grundton e. Saite 326 — Einfluß v. Dicke, Spannung u. Stoff e. Saite auf d. Schwinggszahl 803.
- Messen**, Vervollkommng d. Winkelmessg durch Tycho, Galilei, Vernier 265; Hooke benutzte d. Schraube dazu 565 — Verbindg d. Fernrohrs mit Winkelinstrumenten v. Morin, Generini, Auzout, Picard 566; Hooke 565 — Hevel zog Dioptern dem Fernrohr u. Mikrometer vor 449, 568, 716.
- Mouton empfahl zuerst e. natürl. Grundmaß 773; Grundmaß d. Aegypter nach Pauton 773; Huyghens schlug d. Sekundenpendel vor 618, 774; desgl. Condamine 774, 786; Laplace d. Meter 769, 772; Mouton u. Cassini wollen es aus d. Erdumfang ableiten 774 — Verknüpfg d. Metermaßes mit d. Gewicht 772 — s. Meter, Mikrometer, Nonius.
- Metalle**, welche d. Alten u. Araber kannten 66 — Boyle beob. d. Absorpt. v. Luft durch geschmolz. Met. 481.
- Meteorologie**, Beob. v. d. Acc. del Cimento 383; v. Poleni 513; Sédileau 749.
- Meteorsteine**, Nachrichten darüb. bei d. Alten; stammen nach Anaxagoras aus d. Sonne 44.
- Meter**, Definition v. Laplace 769; danach zu klein 772; M. aus Platin 770.
- Metius** (Adriaanszoon), Anspruch auf d. Erfindg d. Fernrohrs 183.
- Mikrometer**, d. älteste v. Gascoigne 567; Anvendg v. Auzout u. Picard 566 — Mikr. v. Hooke 565; v. Huyghens 567, 639; Hevel, Malvasia 567 — Verbindg d. Fernrohrs mit Winkelinstrumenten durch Generini, Morin, Auzout u. Picard 566 — Hevel beob. mit Dioptern genauer als mit Fernr. u. Mikr. 568.

Mikroskop, Anspruch auf d. Erfindg v. Jansen 188; v. Fontana 196; Drebbel 260; Galilei 209, 260 — d. Name v. Demiscianus 197 — nach Gray ein Wassertropfen e. einfaches Mikr. 840 — Verbesserg d. Mikr. v. Divini 374 — mikroskop. Arbeiten v. Hooke 581; v. Leeuwenhoek, Hartsoeker 582.

Mineralogie, Krystallform verschied. Mineralien v. Steno 371.

Mirage s. Kimmung.

Molineux, entdeckt d. Aberration d. Lichts 720.

Monconys, sein Gewichtsaräometer 523.

Mond, d. aschfarb. Licht d. Neumondes nach Mästlin reflektirt v. d. Erde 147 — Mondkarten v. Galilei, Grimaldi u. Hevel 295 — Lauf d. M., Variation nach Tycho 150; Newton 707 — Dichte nach Newton 724 — s. Länge geogr.

Monsoons s. Wind.

Montanari, 411 — üb. Kapillarität 411; Glashränen 412; Sprachrohr 414.

del Monte (Montis), 120 — führt alle Maschinen auf d. Hebel zurück; entdeckt d. Princip d. virtuell. Geschwindigk. u. übersetzt Archimedes 120.

Moray, üb. Glashränen 413.

Moreland, 539 — nicht Erfinder d. Dampfmaschine 541; und des schiefen Barometers 416 — Beschreibg d. Sprachrohrs 416.

Morhof, Nachricht üb. Zerschneiden v. Gläsern 441.

Morin, 302 — Gegner v. Kopernikus 302, 304 — verband d. Fernrohr mit d. Quadranten 566.

Mouton, Naturmaß aus d. Erdumfang ableitbar 774.

Musschenbroek, Antheil an d. Erfindg d. leyd. Flasche 852.

N.

Napier, Erfinder d. Logarithmen 611.

Nebenmond, Nebensonne, erwähnt v. Aristoteles 28 — Beschreibg v. Scheiner (röm. Phä-

nomen) 203, 641; v. Hevel 641 — Theorie v. Huyghens 642 — s. Ringe.

Neri, üb. Emailen, farb. Gläser u. dgl. 455.

Newcomen und Cawley, ihre Dampfmaschine 552.

Newton, 657 — religiöse Schriften 663 — Messg hoher Temperaturen durch eine am Ende glüh. Eisenstange 514, 691 — Thermometer mit Leinöl 510, 691 — Abkühlsgesetz 692 — Wesen d. Wärme 693 — elektr. Anziehg e. gerieb. Glasscheibe 693 — Fernwirkg e. Magneten 694 — Geschwindigk. d. Schalles 710; der Wasserwellen 712 — beob. d. Contractio venae 711 — Erfindg d. Infinitesimalrechnung 713.

Weißes Licht aus unzählig vielen Farben bestehend 668; Gegner dieser Lehre 670 — Unvollkommenh. d. Fernröhre wegen d. Farbenzerstreuung 669, 671; sein Spiegelteleskop 574, 669 — bevorzugt d. Emissionstheorie 672; Erklärg d. natürl. Farben d. Körper, d. Durchsichtigk. 678; Reflexion 682; Refraktion 681; d. Regenbogens 686 — folgert aus d. Brechkraft die Verbrennlichk. d. Diamanten 685 — Theorie d. Farben dünner Blättchen 674; dicker Blätter 688; d. Newton'sch. Ringe 675 — Lichtbeugg 688; Doppelbrechg, Polarisation 690 — Newt. e. Zeitlang der Undulationstheorie zugeneigt 689.

Seine Gravitationstheorie 696 — Geschichte u. Inhalt d. Philos. nat. principia math. 701; Gravitationsgesetz 704; Gestalt d. Erde 705, 754; Gesetz d. Luftwiderstandes 709; Dichte d. Mondes 724; andere astronom. Gegenstände 707; Erklärg v. Ebbe u. Fluth 708 — Ermitteltg d. Axendrehg d. Erde durch Fallversuche 697 — d. Brachystochrone 606.

Nicholson, sein Aräometer 524.

Niketas, lehrte d. Axendrehg d. Erde 143.

Nikolaus de Cusa, 114 — behauptete d. Rotation d. Erde 115

- üb. Kalenderverbesserung 115 — sein Bathometer 116; hygroskop. Wage 387 — Versuche üb. d. Ernährung d. Pflanzen 115.
 Noble, entdeckt d. harmon. Töne e. Saite 808.
 Nollet, 869 — seine Elektrisirmasch. 847 — führt d. Namen leyd. Flasche ein 852; Versuche mit dieser 855 — Messg d. Elektr. durch divergirende Fäden 875 — Entdecker d. Diffusion 870.
 Nonius (Núñez), 265 — bezweifelt d. magnet. Deklinat. 272 — Bestimmung d. geogr. Länge 263.
 Nonius, Meßwerkzeug, v. Vernier 265; v. Hooke 565.
 Noothe, bekleidet d. Glas d. Elektrisirmasch. mit Taffet 848.
 Nordlicht, Aristoteles bekannt 43 — verschied. Ansichten üb. d. N. 750 — nach Mairan d. Nordlichtkronen in Richtg d. Inklinationsnadel; nach Halley der Scheitel d. Bogens im magnet. Meridian 752 — Hjorter beob. d. Störungen d. Magnetnadel durch d. Nordl. 752.
 Norman, Ursache d. magnet. Deklinat. 273 — erfundet d. Inklinatorium 278 — Magnetisirg macht d. Stahl nicht schwerer 278; beob. d. Schwimmen e. Magnetnadel auf Wasser 282, 409.
 Norwood, Gradmessg zw. London u. York 625.
 Noten, erfunden v. Guido v. Arezzo 801; d. Mensuralnoten v. Jean de Mûrs od. Franco aus Köln 802.
 Noya-Caraffa, Herzog, elektr. Eigensch. d. Turmalins 896.
 Nutation, erforscht v. Bradley 721.

O.

- Ohr, Gränze d. Hörbark. nach Sauveur, Euler, Savart u. A. 819.
 Oldenburg, Sekretär d. Royal Society 561.
 Oliva (Uliua), Mitgl. d. Acc. del Cimento 359.
 Ombrometer s. Regenmesser.
 Orreries, die Planetarien v. Graham 726.
 Outhier, Gradmessg in Lappland 763, 791.

- Oviedo Gonzales, beob. d. magnet. Deklination 271.

P.

- Pantograph, Storchschnabel, erfunden v. Scheiner 203.
 Panunze, Dom, muthmaßl. Erfinder d. Camera obsc. 135.
 Papier, zur Geschichte dess. 112.
 Papin, 472 — d. papinian. Topf u. d. Sicherheitsventil 473, 546 — Wasserhebemaschinen; Hebung d. Stempels durch Schießpulver 548; Dampfmaschinen 549, 557; Dampfschiff 550 — Einfluß d. Luftdichte auf d. Stärke d. Schalles 799.
 Pappus, Entdecker d. Guldin'schen Regel; seine 5 mechan. Potenzen 17.
 Parallelogramm d. Kräfte s. Mechanik.
 Pardies, Gegner d. Farbenlehre Newton's 670.
 Pascal, 328 — Barometer mit Wasser u. Rothwein 330 — Beweis für d. Luftdruck 331 — Barometerstand in verschied. Höhen, barometr. Höhenmessg 332 — Gewicht d. Atmosphäre, Wirkgen d. Luftdrucks 333 — Eigensch. d. Cykloide 334 — seine Rechenmasch. 330 — Hauptsätze d. Hydrostatik 333.
 Passat s. Wind.
 Paucton, natürl. Maß d. Aegypten 773.
 Peckham, Perspectiva communis 92.
 Peiresc, beob. d. Jupitermonde; will sie zur Längenbestimmg benutzen 191 — Stevin's Segelwagen 250.
 Pena, Uebersetzer d. Optik Euklids 119.
 Pendel, Gesetze dess. v. Galilei 223, 238; Versuche d. Acc. del Cimento 389; beide erkennen d. Einfluß d. Schwingweite auf d. Dauer 239, 389; zusammengesetzt P. 616; Schwinggsdauer verschieden gestalteter P. nach Merpenne, Descartes, Roberval 617; Schwinggmittelpkt nach Huyghens 618; Schwinggs. u. Aufhängepkt wechselseitig; Reversionspendel nach Bohnenberger u. Kater 620.

- Anwendg des P. zur Zeitmessg v. Galilei 598; Galilei's Pendeluhr nur e. P. mit Zählerwerk 599, 600 — Anwendg d. Cykloide beim P. v. Huyghens 602 — Länge d. Sekundenp. nach Mersenne 325; Condamine 785; Huyghens 619; er empfiehlt es als Längeneinheit 618; desgl. Condamine 774, 786 — benachbarte ungleich schwingende P. gleichen sich aus 614 — Am Aequator schwingt d. P. langsamer nach Richer, Varin u. Deshayes 627 — Quecksilberkompensation v. Graham 729; Rostpendel v. Harrison 730.
- Konisches P. untersucht v. Huyghens 622; Pfaffius wandte es bei Uhren, Watt bei der Dampfmaschine an 623 — Ansprüche Hooke's auf d. Erfindg dies. Pendels 564, 623.
- Ballistisches P. zuerst angewandt v. Robins 710.
- Perier, Fallen d. Barometers auf d. Puy de Dôme 331.
- Perkussionsmaschine von Mariotte 494.
- Perolle, Schallfortpflanzg in verschied. Gasen 827.
- Perrault, 749 — Ursprung d. Quellen 499, 747.
- Peuerbach s. Purbach.
- Pfeifen, ihr Längenverhältniß bei Grundton u. Oktave Aristoteles bekannt 31, 801 — Zungenpf. wahrscheinl. v. Kratzenstein 826 — s. Töne.
- Pflanzen, Versuche üb. ihre Ernährung v. de Cusa u. A. 115, 484.
- Pharmacie, begründet durch Abul-kasis 71.
- Phosphor, entdeckt v. Brand 405; Kunckel 455; Boyle 482 — s. Phosphoreszenz.
- Phosphoreszenz, an lebend. Wesen u. faulenden Substanzen beob. v. Aristoteles, Plinius, Th. Bartholin 403 — Leuchten besonnter Steine kennt Plinius, erwärmter Diamanten Bollstaedt 404 — nach Boyle nimmt in d. Kälte u. im Vakuum d. Leuchten ab 482.
- Merkurialischer Phosphor in d. torricellischen Leere 504 — boloneser Ph. v. Cascariolo 404; balduinischer Ph., hombergischer, cantonscher Ph., Urinphosphor 405, 874.
- Photometrie, d. Hauptsatz v. Keppeler 169 — Helligk. v. Sonne u. Sirius nach Huyghens 640.
- Picard, 566 — beob. zuerst d. Leuchten im Vakuum d. Barometers 504 — gebraucht d. Fadenkreuz im Fernr. 566 — Gradmessg zw. Amiens u. Malvoisine 625.
- Pigot, entdeckt d. harmon. Töne e. Saite 808.
- Pivati, medicin. Wirkg d. Elektrizität 873.
- Planetarium, v. Archimedes 15; v. Wilhelm IV., v. Apian, Orreries v. Graham 726.
- Planeten, Eudoxus erklärt ihre Bewegg durch Epicykel 144 — Abstände d. Planeten v. d. Sonne nach Keppler, Titius u. A. 159 — Keppler's Gesetze 161 — nach Keppler d. Sonne Ursache d. Bewegg d. Pl. 164; nach Descartes die Wirbel d. Aethers 307 — s. Gravitation, Weltsystem.
- Planta, erste Scheiben-Elektrirmaschine 849.
- Plato, 47 — spricht v. Antipoden 52 — sieht im Rosten e. Verlust d. Metalles 69.
- Platonisches Jahr, Umlaufszeit d. Aequinoktien 706.
- Plinius, 25 — Nachricht üb. Luftspiegelg 29; Brenngläser 25; Elmsfeuer 35; Magnetstein 41; Meteorsteine 44; Spiegel 20 — kannte d. Leuchten organ. Wesen u. bestrahlter Steine 403, 404; d. Regelmäßsigk. d. Winddrehg 492; d. Anziehg leichter Körper durch d. Carbunculus 34.
- Plutarch, Kenntniß d. Aegypter v. d. Polarität d. Magnetsteins 42 — Meteorstein v. Aegios Potamos 44.
- Poleni, meteorolog. Beob. mit dem Thermomet. v. Amontons 513.
- Pomponius Mela, Luftspiegelg in Mauritanien 29.
- Porta, 132 — seine Magia nat. 133 — erwähnt stündl. Aendergen d. magnet. Deklination 133; Größe d. Deklin. in Italien 134; will da-

durch d. geogr. Länge bestimmen 275; Wirkg d. Magnetismus 133, 134 — Ansprüche auf d. Erfindg d. Camera obsc. 135; Laterna mag. 136; d. Fernrohrs 134 — Vergleich d. Auges mit d. Cam. obsc. 169 — Ausdehnng d. Luft; ein Thermomet. 134; Kältemischg, Beschlagen kalter Körper 395; Schwitzen v. Glasfenstern 395 — Wahrnehmung strahl. Wärme 396 — Hebg v. Wasser u. Ausdehnng desselben beim Uebergang in Dampf 530 — stiftet d. Acad. secretorum naturae 132, 349.
 Posidonius, 50 — Grösse d. Erde 51.
 Potter, erfindet d. Steuerg an d. Dampfmasch. 555.
 Praecession, entdeckt v. Hipparch (platonisches Jahr); erklärt von Newton 706.
 Priestley, 884 — entdeckt viele Gase 885 — Schallfortpflanzg in Gasen 827 — Geschichted. Elektric.; Priestley'sche Ringe; elektr. Leitg d. Eises, d. Lichtflamme, d. glühend. Glases 886.
 Proklus, soll d. Flotte d. Vitalianus durch Brennspiegel zerstört haben 22.
 Proportionalzirkel, v. Galilei 267, nicht v. Mayr 192.
 Ptolemaeus, 26 — sein Weltsystem 26, 144 — bestimmt e. Ort durch Länge u. Breite 26; Höhe d. Berge 53 — seine Optik 26; Brechg d. Lichts in Wasser u. Glas 27; kennt d. astronom. Strahlenbrechg 28; d. Tonverhältnisse 801 — seine Werke übersetzt ins Lat. durch Friedr. II. v. Hohenstaufen 82; sein Almagest ins Arab. v. Alhazen ben Jussuf 72.
 Pöhler, sein Bathometer 116.
 Pumpen, Saugp. Aristoteles bekannt; Druckp. verfertigt v. Ktesibius 15, 425 — nach Galilei läßt d. Kohäsion d. Wassers nur eine Steighöhe v. 30 Fuß zu 252.
 Punctum coecum im Auge, entdeckt v. Mariotte 497.
 Purbach (Penerbach), 116 — Lehrer v. Regiomontan u. Kopernikus 117.
 Pythagoras, 30 — soll d. Kugelgestalt d. Erde erkannt haben 47; u. d. Dasein v. Antipoden 52 —

untersuchte d. Töne gespannter Saiten 30; führte d. achtsait. Lyra ein 31 — muthmaßte d. Anziehng d. Weltkörper 704.
 Pytheas, Nachricht üb. Ebbe u. Fluth 53.

Q.

Quecksilber, specif. Gewicht nach Boyle 476; Ausdehnng durch d. Wärme nach Amontons 502; Halley 509.
 Quellen, entstehen nach Vitruv u. Mariotte aus atmosphär. Niederschlägen 498, 747; Ursprung d. Q. nach Perrault u. Descartes 747; nach Sédileau u. Halley 748; Erfahrung v. Derham u. Dalton 748.

R.

Raja s. Torpedo.
 Raimund Lull, 93 — üb. Glas- spiegel 93.
 Ramazzini, 740 — v. ihm d. schiefe Barometer 416 — erwähnt zuerst die artes. Brunnen 417.
 Rameau, 814 — Ursache d. Konsonanz u. Dissonanz 814.
 Ramsden, seine Scheiben-Elektrisirmasch. 849.
 Ramus, verfolgt als Gegner v. Aristoteles 120.
 Reaktionsmaschinen, mit Dampf od. heißer Luft v. Haro 16.
 Rechenmaschinen v. Pascal u. Leibnitz 330.
 Rechentisch v. Gerbert 81.
 Redi, Mitgl. d. Acc. del Cimento 359.
 Regenbogen, Aristoteles kannte den Nebenreg., d. Mondr. u. d. künstl. R. in Wassertropfen 28 — Seneca üb. d. R. 29 — Erklärg d. R. v. Vitello 92; Theodorich 96; Maurolykus 131; Descartes 309, 313; de Dominis 310; Newton 686.
 Regenmesser, Hyetometer, Ombrometer, d. Erfinder unbekannt 585 — R. v. Hooke 584, 750; Townley 585, 749 — Beob. üb. Regenmengen v. Mariotte u. A. 498.
 Regenwasser, diente bei d. Alten zur Regulirg d. Gefäße; ist nach Hippokrates d. leichteste Wasser 14.

- Regiomontanus, 117 — Verdienste um d. Kalenderverbesserg 117, u. Mathematik 118.
- Reibung fester Körper, Versuche v. Amontons 514 — s. Hydraulik.
- Reich, Fallversuche zum Erweise d. Axendrehg d. Erde 699.
- Reimarus s. Rymers.
- Reinhold, 147 — seine Tabulae prutenicae 147; Markscheidekunst 111.
- Renaldini, 360 — Konstanz d. Gefrier- u. Siedepkts d. Wassers 385.
- Renieri (Reinerius), Temperaturbeob. zu Florenz 383 — berechnet d. Jupitertrabanten 264.
- Reyher, über Glashränen 412 — Meeres nicht salzig 488.
- Rhäticus, Anhänger d. Kopernikus 142, 147.
- Rhases, führte chemische Präparate als Arzneien ein 70.
- Rheita (Schyrl), 196 — Erfinder d. Erdfernrohrs, angebl. auch d. Binokularfernr.; v. ihm d. Namen Objectiv u. Okular 196.
- Riccati, 824 — üb. Schwinggen d. Membranen 824; d. Stäbe 825.
- Ricci, Korrespond. d. Acc. del Cimento; v. ihm d. erste ital. Journal 367.
- Riccioli, 293 — Höhe d. Atmosphäre, Wägg d. Luft 294 — Gradmessg bei Modena 294 — Fallversuche übereinstimm. mit Galilei 295. — Widerstand v. Luft u. Wasser 296 — aus 77 Gründen Gegner d. kopernikan. Lehre 297.
- Richer, beob., dafs in Cayenne e. Pendel langsamer schwingt als in Paris 627.
- Richmann, durch atmosphär. Elektr. getödtet 871.
- Ringe um Sonne u. Mond, Aristoteles bekannt 28; Beschreibg ders. v. Scheiner 203; Hevel 641 — Erklärng v. Descartes 496, 641; v. Mariotte 495, 642; v. Huyghens 496, 642.
- Ringe, Newtonsche, 675.
- Roberval, 617 — üb. Pendelschwingungen 617; d. Cykloide 328.
- Robins, Versuche üb. d. Widerstand d. Luft; erste Anwendg d. ballist. Pendels 710.
- Römer, 654 — Geschwindigk. d. Lichts 656 — beste Form d. Zähne an Rädern 655.
- Rolle, erfunden v. Archytas 12.
- de Romas, Versuche mit d. elektr. Drachen 870.
- Romieu, Nachricht üb. tartin. Töne 816.
- Rossetti, Korresp. d. Acc. del Cim., üb. d. Druck d. Flüsse 368.
- Rubinglas v. Kunckel 454.
- Rymers (Reimarus ursus), Anspruch auf Tycho's Weltaystem 153.

S.

- Sagredo, beob. mit e. Thermomet. v. Galilei 256.
- Saiten, d. Beziehg zw. Tonhöhe u. Saitenlänge erkannten Pythagoras 30, 801; Aristoteles 31, 801; Galilei 268, 802 — Wahrnehmung d. Obertöne durch Mersenne 326, 804; Sauveur 808 — Einfluss d. Dicke, Spanng u. Substanz d. S. auf d. Schwinggzahl nach Mersenne 803; Taylor's Formel 804 — Gestalt d. schwing. S. nach Taylor, Bernoulli, Euler u. A. 806, 823 — Theilg d. transversalschwing. S. 807 — s. Töne.
- de Sallo, gründet d. Journal des savants 462.
- Salvino degli Armati, angebl. Erfinder d. Brillen 94.
- Sanctorius (Santorio), nicht Erfinder d. Thermomet. 257 — sein Darmsaiten-Hygroskop 257.
- Sanduhren, Geschichte 595.
- Santbeck, Theorie d. Wurfs 126 — Bestimmg d. geogr. Länge 263.
- Saturn, Messg d. Sat. v. Buono 356 — e. Andeutg d. Ringes beob. Galilei 208; verschied. Ansichten darüb. 636; Hevel erkennt e. 15 jähr. Periode in d. Form 636; Huyghens entdeckt d. Ring 637; Fabri dagegen 372, 375 — d. grössten Mond entdeckt Huyghens 637; Cassini vier; Herschel zwei; Bond d. achten; Beob. d. Monde v. Pound u. Bradley 580.
- Saunderson, war blind u. schrieb e. Optik 822.

- Sauveur, 820 — harmon. Obertöne
a. Saite 808, 809 — Erklärung d.
Schwebgen u. Anwendg ders. zur
Bestimmg d. Schwingeszah d. Töne
817 — sein absolutes Tonmafs;
Gränze d. Hörbark. 818.
- Savart, Gränze d. Hörbark. 819.
- Savery, seine Dampfmaschine 543;
Hodometer für Schiffe 542.
- Scaliger, Meerwasser nur an d.
Oberfläche salzig 486.
- Schall, nach Aristoteles durch d.
Luft vermittelt u. bei Nacht stärker
als am Tage 31; Einfluss d. Luft-
dichte auf d. Stärke d. Sch. nach
Guericke, Hawksbee, Papin 431,
798; nach Mairan werden hohe u.
tiefe Töne durch verschied. Theile
d. Luft fortgepflanzt 795 — Fort-
pflanzg d. Sch. in Wasser nach
Hawksbee, Arderon, Nollet 799;
in festen Körpern nach Hooke, Jo-
rissen 800; Chladni 825; in Gasen
nach Priestley, Perolle, Chladni 827.
- Schallgeschwindigkeit. nach Aristote-
les für hohe Töne gröfser als für
tiefe, nach Gassendi für beide gleich
301 — Messg v. Mersenne 326; v.
Cassini, Maraldi, La Caille 795; Re-
sultate bis Newton 793 — nach
Borelli u. Viviani d. Wind ohne
Einfluss auf d. Geschw. 401; Der-
ham dagegen 746, 793; Einfluss
d. Richtg u. Witterg darauf nach
Derham 794; Derham leitet d. Ent-
ferng e. Gewitters daraus ab 795
— Messg zu Quito u. Cayenne v.
Condamine 785, 796; Einfluss d.
Temperatur beob. v. Bianconi 795;
v. Benzenberg 796 — Newton's
Formel 711; Versuche d. Wider-
spruch zw. Theorie u. Erfahrung auf-
zuklären 796; gelingt Laplace 798.
- Scheiben, Schwinggen ders. nach
Chladni 826.
- Scheiner, 197 — verfertigte e.
keplersches Fernrohr 199 — er-
fand d. Blendglas 199; d. Helio-
skop 200; d. Pantograph 203 —
Beob. v. Sonnenflecken 197; v.
Ringern u. Nebensonnen (röm. Phä-
nomen) 203, 641; Bau d. Auges
201 — Gegner v. Kopernikus 203.
- Schiefspulver, Geschichte dess. 86.
- Schiffe s. Dampfmaschine.
- Schmelzpunkt s. Thermometer.
- Schott, 438 — üb. d. Taucher-
glocke 438.
- Schraube, erfunden v. Archytas
12 — Schr. ohne Ende u. archimed.
Schr. v. Archimedes 14.
- Schwarz, nicht Erfinder d. Schiefs-
pulvers 89.
- Schwebungen s. Stöfse.
- Schwenter, 438 — sein Luftbal-
lon 438.
- Schwere s. Gravitation.
- Schwerpunkt, erkannt v. Archi-
medes 18 — Guldin's Theorem v.
Pappus aufgestellt 17, 337 — Schw.
geometr. Körper nach Valerio 128.
- Schwimmen s. Hydrostatik.
- Schwingungen, die Longitudinal-
schw. an Saiten u. Stäben entdeckt
v. Chladni 825; deagl. d. drehen-
den Schw. d. Stäbe 826 — mathe-
mat. Untersuchg d. Luftschw. 826
— s. Pendel, Saiten, Töne.
- Schyril, Schyriläus, s. Rheits.
- Sédileau, Ursprung d. Quellen 748
— Meteorolog. Beob. 749.
- Segelwagen v. Stevin 250.
- Sehen, v. d. Alten durch vom Auge
ausgehende Strahlen, Synange, er-
klärt 18; Aristoteles setzte e. ver-
mittelnd. Medium 19 — nach Al-
hazen dringen beim S. Strahlen
in d. Auge; Einfluss d. Urtheils da-
bei 73, 76 — Leon. da Vinci wandte
d. Camera obsc. zur Erklärung d.
S. an 113; Porta vergleicht dabei
d. Pupille mit d. Oeffng, die Kry-
stalllinse mit d. Tafel 169 — Er-
klärung des S. v. Kepler 168; v.
Scheiner 202; Descartes 315; der
Kurz- u. Weitsichtigk. v. Mau-
rolykus 130; Kepler 168 — Fabri
beob. d. Vergrößererg e. Nadel dicht
hinter e. kleines Loch in e. Kar-
tenblatt 373 — s. Auge.
- Seifenblasen s. Farben dünner
Blättchen.
- Seneca, kannte die Vergrößerung u.
Farbenzerstreuung mancher Gläser
25 — Erklärung d. Regenbogens 29.
- Senguerd, Verbesserung der Luft-
pumpe 474.
- Sicherheitsventil v. Papin 473,
546.

- Siedepunkt, als konstant erkannt v. Renaldini, Hooke, Halley 385; als veränderlich v. Newton 510, 691 — den Einfluss d. Luftdrucks beob. Boyle 480, Fahrenheit 521; d. Sinken d. Siedep. auf d. Canigou Le Monnier 511 — Siedep. verschied. Flüssigkeiten nach Fahrenheit 521 — s. Thermometer.
- Sigaud de la Fond, seine Scheiben-Elektrirmasch. 849.
- Silurus electricus, 898.
- Sipho, bezeichnete anfangs e. Druckwerk 15.
- Skaphion, zum Anzünden d. Vesta-Feuers 21.
- Smargd, brasilian. s. Turmalin.
- Snell, 311 — Gesetz d. Lichtbrechg; Triangulation bei d. Gradmessg 311.
- Sonne, Kepler vermuthete ihre Axendrehg 164 — Cassini glaubt an e. Bewegg d. S. im Raum 719; desgl. Bradley 721 — Halley u. J. Gregory wollen die Parallaxe d. S. aus d. Vorübergang v. Venus u. Merkur bestimmen 572, 718.
- Sonnenfackeln, entdeckt v. Galilei 208.
- Sonnenflecke, beob. von Galilei 198, 208; Kepler 164; Scheiner 197; Fabricius 200; Harriot 201 — Malapertius, Tarda, Scheiner hielten sie für kleine Planeten 198 — Darstellg ders. durch d. Helioskop v. Scheiner 200.
- Sonnenuhr, Geschichte 593.
- Sorge, Entdecker d. tartin. Töne 816.
- Spektrum, Darstellg u. Untersuchg dess. v. Newton 666 — s. Licht-Dispersion.
- Spiegel, metallene sehr alt 20 — Gesch. d. Glassp. 20, 93 — sphär. Sp. bei d. Alten 21 — angebl. Entzündg d. röm. Flotte durch Brennp. v. Archimedes 21; der Flotte d. Vitalianus durch Proklus 22; Vitello's u. Kircher's Versuche darüb. 437 — Albazan unterscheidet 7 Arten regelmäss. Sp. 74 — Brennpkt. d. Hohlsp. nach R. Baco 85; Halley's Formel für d. Vereinigweite d. sphär. Sp. 722 — Herstellg parabol. Sp. v. R. Baco 85; grösser Brennp. v. Tachir-
- hausen 443; Brennp. aus Kis v. Mariotte 498 — weisse u. durchsichtige Körper nach d. Acc. del Cim. v. Brennp. schwerer entzündbar als farbige u. undurchsicht. 403.
- Spiegelteleskop, scheint älter als Fernröhre 179, 180 — Sp. v. Mer-senne 327; Zucchi 327; J. Gregory 570, 574; Hooke 573; Newton 574. 669; Cassegrain 575; Hadley 577 — d. Name v. Democritus 197.
- Spiegelsextant v. Hadley 577.
- Sprachrohr, Geschichte dess. 414.
- Springkolben, Beschreibg v. Balbi 414.
- Stäbe, Untersuchg ihrer Schwingg v. D. Bernoulli, Euler, Riccati 824; Strohfidel, Kisenvioline 825; longitudinale u. drehende Schwinggen entdeckt v. Chladni 825, 826.
- Statik s. Mechanik.
- Steinhäuser, erklärt die Aenderung d. magnet. Deklination durch e. Planeten in d. Erde 724.
- Steno (Stenone, Steen), 368 — Verdienste um die Geologie 369; Kryptallkunde 371.
- Sterne, Erklärg d. Funkels v. Vitello 92 — nach Kopernikus d. Fixst. dunkel u. v. d. Sonne beleuchtet, nach Giord. Bruno selbst-leuchtend 146 — Sternkarten v. Tycho Brahe 151; v. südl. Himmel v. Halley 716 — Halley findet bei gewiss. Fixst. e. Bewegg in Breite, Cassini in Länge 719 — s. Aberration, Sonne.
- Sternwarten, Geschichte 464 — St. zu Samarkand 114; Uranien-borg gegründet v. Tycho 149 — bisherige Leiter d. St. zu Greenwich 466.
- Stevin, 245 — Gleichgewicht zw. drei Kräften 235, 246 — Druck d. Wassers gegen Boden u. Wand d. Gefässe 247; üb. d. Schwimmen 248 — Erklärg v. Ebbe u. Fluth 243 — Vorzüge d. Decimalsystems u. d. Muttersprache in d. Wissenschaft 249 — sein Segelwagen 250.
- Stirling, Gestalt d. Erde 778.
- Stöße, Schläge, Schwebungen, erklärt u. s. Bestimmung d. Schwinggezahld. Töne benutzt v. Sauvour 817.

Stofs, Theorie v. Descartes 308, 630; Wallis 632; Wren u. Huyghens 633; v. Euler u. Bernoulli 633 — nach Galilei u. Torricelli St. u. Druck nicht vergleichbar 321, 630.

Stofsmaschine v. Mariotte 494.

Strabo, Kenntniss der Phönicië üb. Ebbe u. Fluth 54.

Strahlenbrechung, atmosphärische, s. Lichtbrechung.

Sturm, Regelmässigkeit d. Winddrehung 492 — Lana's aeronaut. Versuche 439 — Differentialthermometer 440.

Sublimation, v. Dioskorides erwähnt 62, 68.

Sulzer, üb. Schallgeschwindigkeit 797 — Ursache d. Konsonanz u. Dissonanz 814.

Symmer, Theorie d. Elektrizität 881.

Synage a. Sehen.

Synesios, erwähnt d. Hydroskopium 14; d. Destillirapparat 68 — sein Astrolabium 347.

T.

Täuschung, optische, nach Alhazen d. Gestalt v. Sonne u. Mond am Horizont, u. v. d. Himmelsgewölbe eine opt. T. 76 — s. Sehen.

Tafeln a. Astronomie.

Tartaglia, 125 — d. Wurfbahn überall krummlinig, u. am weitesten bei 45° Elevation 126.

Tartini, 822 — Entdecker d. tartin. Töne 816.

Taschenuhren s. Uhren.

Taucherglocke, beschrieben v. Schott 438; v. Fr. Baco 439; verbessert v. Halley 722; Hooke 583; zuerst in England angewandt 439.

Taucherkappe, Aristoteles bekannt 439; verbessert v. Halley 722.

Tautochrone s. Cykloide, Uhr.

Taylor, 805 — Fernwirkg d. Magnete 805 — Formel für d. Schwingg. e. Saite 804; Gestalt a. schwing. Saite 806 — Kapillarscheinungen zw. zwei Glasplatten; Adhäsion d. Wassers an fest. Körpern 805.

Telegraph, Idee v. Kircher 287; v. Amontons 515; v. Hooke 515, 582; v. Chappe 583.

Telesius, 849 — Gründer d. Acad. telesiana 349.

Teleskop s. Spiegelteleskop.

Telioux, Beschreibung a. Thermoskops 258.

Terella v. Gilbert 280.

Testiera v. Galilei 211.

Thales, 32 — kennt d. Anziehungskraft d. gerieb. Bernsteins 32 — Ansicht v. Weltall u. d. Gestalt d. Erde 46.

Thau, nach Aristoteles nur in heiteren windstillen Nächten 42.

Theodorich, 96 — Erklärung des Regenbogens 96.

Theophrast, 33 — elektrische Eigenschaften d. Lynkursions 33.

Thermo-Barometer, v. Fahrenheit, verbessert v. Cavallo u. Wollaston 621.

Thermometer, ihm ähnliche Werkzeuge v. Porta 258; Telioux 258; de Caus 259; O. v. Guericke 432 — Anspruch auf d. Erfindg d. Th. v. Galilei 253, 259; Fr. Baco u. Fludd 256; de Caus 259; Sanctorius, Sarpi, Drebbel 257 — Verbesserung d. Th. durch d. Acc. del Cim. 379; Ferdinand II. 379; Vergleich dieser Th. mit d. Réaumur'schen 382 — Differential-Th. v. Sturm 440; v. van Helmont 440 — Minimum-Th. v. Hooke 583.

Th. mit Quecksilber in d. Acc. del Cim. 406; in Paris 521; v. Fahrenheit 518; Halley verwirft d. Quecks. wegen zu geringer Ausdehnung 509, 521 — Th. mit Wasser v. van Helmont 441; mit Anisöl v. Boyle 508; mit Leinöl v. Newton 510, 691.

Gefrier- u. Siedepunkt d. Wassers als konstant beob. v. Renaldi 385; Acc. del Cim. 386, 402; Hooke 507 — Vorschläge zu festen Skalen v. Boyle 508; Halley 509; Newton 510; Dalencé 516; Amontons benutzt d. Siedepkt dazu; sein Th. 511; Abänderg dess. v. Hermann 513 — übereinstimm. Th. v. Fahrenheit 518.

Messg hoher Temperaturen mittelst einer am Ende erhitzten Eisenstange nach Newton 513, 691; Amontons 513.

- Thévenot, Korrespond. d. Acc. del Cimento 371.
 Tiefenmesser s. Bathometer.
 Titius, Abstand d. Planeten v. d. Sonne 160.
 Töne, Alter d. musikal. T. u. Instrumente 800 — Kenntniss üb. d. Verhältniss d. Tonhöhe zur Länge d. Saiten u. Pfeifen bei Pythagoras, Euklid, Ptolemaeus, Aristoteles 801; Galilei 802 — Noten u. ihre Bezeichng v. Guido v. Arezzo 801; d. Mensuralnoten v. Jean de Murs od. Franco 802 — Bestimmung d. Schwingungsmenge aus d. Schwebungen v. Sauveur 817; aus d. Taylor'schen Formel v. Euler 818; e. Pfeife als absolutes Tonmaass v. Sauveur 818.
 Wahrnehmung u. Untersuchung d. Obertöne e. Saite v. Mersenne 804; v. Sauveur, noch früher v. Pigot u. Noble, 806; v. Wallis 809 — Erzeugg derselb. v. Sauveur 809; Mersenne 810; durch d. Meertrompete v. Marigni 811 — Descartes erklärt sie aus d. Theilg d. Saite 811; desgl. Bernoulli, Euler 814; Grund d. Theilg nach Young 815 — Konsonanz u. Disson. durch d. Obertöne veranlasst nach Sulzer u. A. 814; Lagrange dagegen 813 — tartinische T. v. Sorge u. Romieu vor Tartini erkannt 816; Beziehung zw. Schwebungen u. tartin. T. nach Lagrange 817 — üb. d. Luftschwinggen in den Blase-Instrumenten 826 — s. Ohr, Saiten, Schall.
 Topas, elektr. Eigensch. d. brasil. T. nach Canton 897.
 Torpedo, Raja Torp., Zitterrochen 897.
 Torricelli, 319 — Gleichgewicht zweier Körper 321 — Wurfbewegg; Ausfluss d. Wassers 322 — erfindet d. Barometer 323; entdeckt d. Luftdruck u. dess. Veränderlichk. 324 — opt. Werth kleiner Glaskugeln 321, 382 — Verbess. d. Fernröhre 375.
 Torsionswaage, v. Coulomb; Anwendg auf d. Elektrizität 891.
 Townley, sein Ombrometer 585, 749.
 Trägheit s. Mechanik.
 Triewald, Entstehg d. Nordlichts 751.
 Tschirnhausen, 442 — Darstellg grosser Brennspiegel u. Brenngläser 443 — Theorie d. Brennlinien 445.
 Turmalin, wahrscheinl. d. Carunculus d. Plinius 34 — Linné nennt ihn elektr. 895 — Untersuchg d. el. Eigensch. v. Aepinus 895; Wilson (brasil. Smaragd), Noya-Caraffa, Bergman 896, 897.
 Tycho Brahe, 148 — Bestimmung d. Polhöhe u. Mondbewegg 150 — verbess. d. Sternkarten; will d. Axendrehg d. Erde durch Fallversuche feststellen 151, 697 — sein Weltsystem u. dess. Anhänger 151, 152 — s. Rymers.
 Tzetzes, Verbrenng d. röm. Flotte durch Archimedes 22.

U.

- Uhr, Geschichte d. Sonnenuhr 593; Wasseruhr 594; Oel-, Quecksilber-, Sanduhr 595; Räderuhr mit Gewichten 596; Taschenuhr angebl. v. Hele 562, 612 — ältere Hemmungen 562, 600; d. Spiralfeder v. Hooke 561, 613; Huyghens 563, 613; Hautefeuille 564 — erste Taschenuhr in England v. Tompion 564; Timekeeper (Chronometer) v. Harrison 734.
 Die Pendeluhr erfunden v. Huyghens 590, 601; Anspruch auf d. Erfindg v. Galilei 240, 389, 599, 607; Hautefeuille 564; Burgi 611 — Anwendg d. Cykloide beim Pendel v. Huyghens 603, 728; Harrison 730 — Beob. üb. d. Ausgleich ungleich schwing. benachbarter Pendel v. Huyghens 614; Ellicott, Bernoulli 615 — Ankerhemmg v. Clement 605, 728 — Pendel mit Quecksilberkompensat. v. Graham 729; Rostpendel v. Harrison 730.
 Anwendg d. kon. Pendels zu Uhren v. Pfaffius 565, 623.
 Ulloa, 786 — Gradmessg in Quito 760.

Ulug-Beg, Förderer d. Astronomie 114, 347.
 Undulationstheorie s. Licht.
 Universitäten, Stüftg ders. 81.

V.

Vakuum, Versuche d. Acc. del Cim. im Vak. d. Barometers üb. Schall, gerieb. Bernstein u. Thiere 392, 393 — Darstellg d. Vak. v. Galilei 254; v. Guericke 422 — Versuche v. Berti u. Guericke üb. Schall u. Verbrennung im Vak. 431 — Bestätigende u. neue Versuche v. Boyle 475.
 Valerio, Schwerpunkt in regelmäfs. Körpern 128.
 Varenius, d. Meer soll mit d. Tiefe salziger werden 486.
 Varin, d. Schwinggen d. Pendels werden am Aequator langsamer 627.
 Venatorius, Uebersetzer d. Archimedes 119.
 Venus, Phasen beob. v. Galilei 208 — Umdrehszeit nach Cassini 581 — Vorübergang vor der Sonne beob. v. Horrox u. Crabtree 302, 567.
 Verbrennung, Luft nothwendig nach Cardano 123 — hört nach Guericke im Vakuum auf 431.
 Vernier, Erfinder d. Nonius 266.
 Vitello (Witelo) 90 — Lichtbrechng in Wasser u. Glas 91 — kennt d. Farbenzerstreuung u. d. Lichtschwächg bei Reflex. u. Refraktion 91 — Erklärg d. Regenbogens u. Sternfunkeln 92 — macht Brennspeg. aus Planspiegeln 437.
 Viviani, 360 — verfertigt d. erste Barometer 324 — bearbeitet d. Kegelschnitte d. Apollonius 362 — mathemat. Aufgabe 363 — Biographie Galilei's 364 — Schallgeschwindigk. 401.
 Volta, sein Elektrophor 887; Kondensator 888; Strohhalmelektrometer 876; Vervollkommng dess. 889 — Ursprung d. galvan. Electric.; volt. Säule 902.
 Vofs, Depression d. Quecksilbers in gläsern. Kapillarröhren 410.

W.

Wärme, Wesen ders. nach Aristoteles und Epikur 32 — nach Gassendi die W. aus Atomen bestehend 301 — Newton's Ansicht 693; sein Erkaltungsgesetz 692.
 Wärme-Ausdehnung, Wärme dehnt nach d. Acc. del Cim. immer aus 398 — Ausd. d. Quecksilbers nach Amontons 502; Halley 509; des Wassers nach Halley u. Hooke 508 — s. Antiperistasis, Luft.
 Wärme-Erregung, durch Reiben im Vakuum u. chem. Prozesse v. Boyle 475, 476.
 Wärme, specifische, beob. v. d. Acc. del Cim. u. Capacität genannt 406 — entdeckt v. Wilke 879.
 Wärme, strahlende, Beob. darüb. v. Porta 396 — Versuche d. Acc. del Cim. mit Eis im Brennpkt e. Hohlspiegels 395 — Ungleichheit d. Wärmestrahlen d. Sonne u. d. Feuers beob. v. Mariotte 498.
 Waitz, Messg. d. elektr. Abstofsg mit e. Wage 875.
 Wall, beob. an gerieb. Bernstein d. el. Funken u. erklärt d. Blitz auch dafür 834.
 Wallis, 631 — Theorie d. Stofses 632 — üb. d. harmon. Töne e. Saite 809 — Ausdruck für $\frac{1}{2}\pi$ 631.
 Walsh, erkennt die Schläge d. Zitterrochen als elektr. 897.
 Wasser, ausdehnende Kraft des gefrier. W. nach Galilei, Aggiunti, d. Acc. del Cim. 394; Boyle 481 — Versuche W. zu komprimiren v. d. Acc. del Cim. 399; Boyle u. Anderen 481; gelang Canton 874 — Wärmeausdehnng d. W. nach Halley u. Hooke 508 — Fahrenheit beob., dass W. bisweilen selbst unter 0° nicht gefriert 522 — W. entbindet nach d. Acc. del Cim. im Vakuum Luft 393. — Boyle, Borrich, van Helmont erklären d. W. für zusammengesetzt 484 — s. Dampf, Eis, Meerw., Regenw., Siedepkt, Thermometer.
 Wasserschnecke, erfunden von Archimedes 14.
 Wasserstoff, dargestellt v. Boyle 485.

- Wasseruhren, v. Ktesibius 15; Geschichte 594.
- Watson, 859 — seine Elektrisir-
masch. 848 — führt d. Entladg
d. leyd. Flasche durch Wasser u.
Erde, u. sucht d. Geschwindigk.
d. Elektr. 857 — belegt d. leyd.
Flasche mit Silberfohle 858; zieht
beim Laden Funken aus d. Aufsen-
belegg 859.
- Watt, benutzt d. kon. Pendel als
Regulator 623.
- Wein, leichter als Wasser bei den
Alten bekannt 14 — Destillation
d. W. kennt Abulkasie 71 — W.
aus Reis bei d. Chinesen Al Rak 71.
- Weingeist s. Alkohol.
- Wellen, Geschwindigk. d. Wasserw.
nach Newton 712.
- Weltall, Ansicht v. Thales darüb. 46.
- Weltsystem, d. Epicykel im ptole-
mäisch. Syst. v. Eudoxus aufge-
stellt 144 — ägypt. Syst. 144 — ko-
pernikan. Syst. 142; ähnl. An-
sichten bei d. Alten 143; erste
Anhänger d. Kopernikus 147, 303;
Gegner dess.: Scheiner 203; Morin
302, 304; Riccioli mit 77 Grün-
den 297 — Tycho's Syst. 151; An-
hänger dess. 152; Abänderg durch
Longomontan 152; Rymer's An-
spruch darauf 153 — Vermittelge-
versuch v. Fabri 372 — Bewegg
d. Himmelskörper nach Kleanth u.
Descartes 307.
- Werner, will d. geogr. Länge be-
stimmen durch Mondstanz 263.
- Whiston, 662 — Theorie d. Erde
662 — Fernewirkg d. Magnete 694
— üb. d. Komet v. 1680, 718.
- Widerstand, Bestimmg d. W. v.
Luft u. Wasser nach Galilei 244,
708; v. d. Acc. del Cim. 402; Ag-
giunti 366; Riccioli 296, 708; Des-
chales 299, 708; Mariotte 495,
708; Newton 709; Robins 710 —
Cardano ermittelte aus d. W. die
Dichte d. Körper 123.
- Wilhelm IV., Landgraf, sein Plane-
tarium 726.
- Wilke (Wilcke), 878 — entdeckt d.
elektr. Vertheilg in e. Leiter 880;
die Erregg v. Elektr. beim Er-
starren fester Körper 894 — erste
elektr. Reihe 882 — Elektrophor
888 — entdeckt d. specif. Wärme;
verfertigt d. erste Neigungskarte
879.
- Wilson, Alex., seine aräometr. Glas-
perlen 384.
- Wilson, Benj., v. ihm d. Kollektor
d. Elektrisirmasch. 848; das el.
Windrad 860 — Gesetz d. Anhäufg
d. Elektr. auf beiden Belegen d.
leyd. Flasche 860 — hält stumpfe
Blitzableiter für d. zweckmäßigsten
868 — el. Eigenschaft d. Turmalins
u. brasil. Smaragds 896, 897.
- Wind, Entstehg nach d. jonisch.
Philosophen 45 — Geschwindigk.
nach Cardano 123; Mariotte 744;
Derham, Rochow 746 — die regel-
mäßige Drehg d. W. kannten
Aristoteles, Plinius, Sturm, Fr.
Baco, Mariotte 492 — Theorie d.
Passate v. Mariotte 492; Halley
741; G. Hadley 742; d'Alembert
743; Nachrichten üb. d. Monsoons
v. Halley 743 — s. Anemometer,
Barometer.
- Windbüchse, angebl. erfunden v.
Ktesibius 15; v. Marin u. Lob-
singer, beschrieben v. Mersenne
326; verbess. v. Boyle 480.
- Winkler, 847 — verbess. d. Elek-
trisirmasch., entzündet Weingeist
durch d. el. Funken 847 — v. ihm
d. Aufsenbelegg d. leyd. Flasche
u. d. el. Batterie 854 — erkennt
d. el. Natur d. Blitzes 864 — Ver-
dienste um d. Blitzableiter 867 —
el. Glas löst nach ihm Gerüche
durch 873.
- Wolf, Chr. v., 160 — Abstand d.
Planeten v. d. Sonne 160 — An-
sicht üb. d. Nordlicht 750; Feuer-
kugeln 753 — sein Anemometer 745.
- Wollaston, Gränze der Hörbar-
keit 820.
- Woodward, Ursache d. Barometer-
änderg 738 — seine Geologie 739.
- Worcester, 531 — seine Dampf-
maschine 534.
- Wren, 631 — Theorie d. Stofses 633
— Aufsuchung des Gravitations-
gesetzes 700.
- Wurf, Einfluss d. Luftwiderstandes
nach Cardano 123 — nach Tar-
taglia d. Wurfbahn überall krumm-
linig u. bei 45° Elevation am wei-

testen 126 — nach Santbeck d.
 Bahn gradlinig 126 — nach Ga-
 lilei d. Bahn e. Parabel 234, 237;
 v. Torricelli bestätigt 322 — Ver-
 suche d. Acc. del Cim. üb. d.
 Wurf u. Fall v. demselben Punkt
 aus 401 — s. Widerstand.
 Wurm, Abstand d. Planeten von d.
 Sonne 161.

Y.

Young, Matthew, üb. d. Theilung
 schwing. Saiten 815.
 Young, Thomas, 815 — Förderer
 d. Undulationstheorie 588, 645 —
 Theorie d. Theilg. schwing. Sai-
 ten 815.

Z.

Zeitmessung, durch Pulsschläge v.
 Cardano 123; durch Pendel v.
 Mersenne, Torricelli u. A. 598 —
 s. Uhr.
 Zeitschriften s. Acta, Journal.
 Zerschneiden v. Gläsern, erwähnen
 Bartoli, Morhof, Chladni 441.
 Zinnchlorid, flüchtiges, entdeckt
 v. Libau 451.
 Zitterfische s. Elektrizität animal.
 Zodiakallicht, v. d. Alten nicht
 erwähnt 44; beob. v. D. Cassini 581.
 Zonaras, Verbrennung d. röm. Flotte
 durch Archimedes 22.
 Zucchi, 327 — sein Spiegelteleskop;
 beob. zuerst d. Flecke d. Jupiter 327.

2

ENGINEERING LIBRARY

QC 7 .P7

C.3

Geschichte der physik.

Stanford University Libraries



3 6105 030 419 563

DATE DUE

**TIMOSHENKO COLLECTION
IN HOUSE USE ONLY**

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004

